



TESIS - IF 185401

# THE IMPROVEMENT OF FORWARDING NODE SELECTION METHOD BASED ON SPEED AND DISTANCE FACTOR ON GREEDY PERIMETER STATELESS ROUTING PROTOCOL IN VANETS ENVIRONMENT

KHARISMA MONIKA DIAN PERTIWI

05111850010018

Dosen Pembimbing

Dr.Eng. Radityo Anggoro, S.Kom., M.Sc.

Departemen Teknik Informatika

Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas

Institut Teknologi Sepuluh Nopember



# LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
**Magister Komputer (M.Kom)**

di

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

**KHARISMA MONIKA DIAN PERTIWI**

**NRP: 05111850010018**

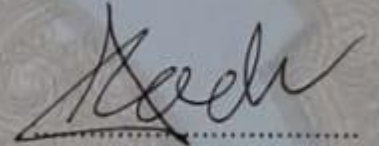
Tanggal Ujian: 17 Januari 2020

Periode Wisuda: Maret 2020

Disetujui oleh:

**Pembimbing:**

1. Dr.Eng. Radityo Anggoro, S.Kom.,M.Sc.  
NIP: 19841016 200812 1 002

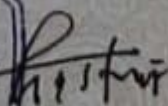


**Penguji:**

1. Prof.Ir. Supeno Djanali, M.Sc., Ph.D.  
NIP: 19480619 197301 1 001
2. Ary Mazharuddin Shiddiqi, S.Kom., M.Comp.Sc., Ph.  
NIP: 19810620 200501 1 003
3. Dr. Royyana Muslim Ijtihadie, S.Kom.,M.Kom.  
NIP: 19770824 200304 1 001



Kepala Departemen Teknik Informatika  
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas



**Dr. Eng. Chastine Fatmahan, S.Kom., M.Kom**

**NIP: 19700824 200112 2 002**



# THE IMPROVEMENT OF FORWARDING NODE SELECTION METHOD BASED ON SPEED AND DISTANCE FACTOR ON GREEDY PERIMETER STATELESS ROUTING PROTOCOL IN VANETS ENVIRONMENT

Nama : Kharisma Monika Dian Pertiwi  
NRP : 05111850010018  
Pembimbing : Dr.Eng. Radityo Anggoro, S.Kom.,M.Sc.

## ABSTRAK

VANETs (*Vehicular ad hoc networks*) merupakan teknologi yang digunakan untuk komunikasi antar kendaraan. Dalam VANETs, kendaraan bergerak dengan kecepatan tinggi dan arah yang berbeda-beda, sehingga menyebabkan jaringan komunikasi yang telah terbentuk berubah dengan cepat.

Salah satu contoh protokol *routing* yang sering digunakan dalam komunikasi VANETs adalah GPSR. *Greedy perimeter stateless routing* (GPSR), *routing* protokol baru untuk jaringan nirkabel yang menggunakan informasi posisi node tujuan untuk membuat keputusan penerusan paket. Karena topologi VANETs sangat dinamis, node *next hop* yang telah dipilih mungkin telah keluar dari jangkauan transmisi sebelum menerima paket.

Penelitian ini bertujuan untuk memecahkan masalah dalam protokol *routing* GPSR terkait ketidakstabilan komunikasi karena posisi node yang berubah dalam mode *greedy forwarding*. Dalam penelitian ini penulis menambahkan set parameter yang digunakan untuk mengambil keputusan *routing* dengan memasukkan faktor kecepatan dan arah pergerakan kendaraan. Node yang layak menjadi *forwarding* node adalah node yang paling minimal perbedaan rata-rata geometrik kecepatannya dan bergerak mendekati node tujuan.

Berdasarkan pada uji coba yang telah dilakukan, pada skenario grid GPSR dengan kecepatan rata-rata dibandingkan dengan GPSR original, peningkatan PDR terbesar adalah 50,05 %, penurunan E2D terbesar adalah 1,91 ms. Pada peta real di lingkungan jalan protokol GPSR dengan kecepatan rata-rata dibandingkan dengan GPSR original, peningkatan PDR terbesar adalah 17,26%, sedangkan nilai E2D mengalami peningkatan/penurunan kurang dari 1 ms dan pada skenario node 90, E2D mengalami penurunan sebesar 0,27 ms. Pada peta real di lingkungan perumahan, peningkatan PDR terbesar adalah 31,79 %. Nilai E2D mengalami penurunan terbesar 0,43 ms. Sedangkan nilai *routing overhead*, antara GPSR original dan GPSR dengan ke-cepatan rata-rata tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

**Kata kunci:** Arah, GPSR , *Greedy Forwarding*, Kecepatan, VANETs.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# **THE IMPROVEMENT OF FORWARDING NODE SELECTION METHOD BASED ON SPEED AND DISTANCE FACTOR ON GREEDY PERIMETER STATELESS ROUTING PROTOCOL IN VANETS ENVIRONMENT**

Nama : Kharisma Monika Dian Pertiwi  
NRP : 05111850010018  
Pembimbing : Dr.Eng. Radityo Anggoro, S.Kom.,M.Sc.

## **ABSTRACT**

VANETs (Vehicular ad hoc networks) are technologies used for communication between vehicles. In VANETs, vehicles move at high speeds and in different directions, causing the communication network that has formed to change rapidly.

One example of a routing protocol that is often used in VANET communication is GPSR. Greedy perimeter stateless routing (GPSR), a new routing protocol for wireless networks that uses the position information of the destination node to make packet forwarding decisions. Because the VANETs topology is very dynamic, the next hop node that has been selected may be out of transmission range before receiving a packet.

This study aims to solve problems in the GPSR routing protocol related to communication instability because the position of the node changes in greedy forwarding mode. In this study the authors add a set of parameters used to make routing decisions by entering the speed and direction of vehicle movement factors. Nodes that deserve to be forwarding nodes are nodes that have the least minimal geometric difference in speed and move toward the destination node.

Based on the trials that have been carried out, in the GPSR grid scenario with an average speed compared to the original GPSR, the biggest increase in PDR is 50.05%, the biggest decrease in E2D is 1.91 ms. On the real map in the GPSR protocol road environment with an average speed compared to the original GPSR, the largest PDR increase was 17.26%, while the E2D value increased / decreased less than 1 ms and in the node 90 scenario, E2D decreased by 0, 27 ms. On the real map in a residential neighborhood, the biggest increase in PDR was 31.79%. The E2D value experienced the largest decrease of 0.43 ms. While the value of routing overhead, between the original GPSR and GPSR with an average speed does not show a significant difference.

**Keyword: Direction, GPSR , *Greedy Forwarding*, Speed, VANETs**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirohim.

Alhamdulillahilahirabil'alamin, segala puji bagi Allah Subhanahu Wata'alla, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“THE IMPROVEMENT OF FORWARDING NODE SELECTION METHOD BASED ON SPEED AND DISTANCE FACTOR ON GREEDY PERIMETER STATELESS ROUTING PROTOCOL IN VANETS ENVIRONMENT”** dengan baik dan tepat waktu. Dalam pelaksanaan dan pembuatan Tugas Akhir ini tentunya sangat banyak bantuan-bantuan yang penulis terima dari berbagai pihak, tanpa mengurangi rasa hormat penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas limpahan rahmat, bimbingan serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Kedua orang tua dan suami penulis, yang telah memberikan dukungan moral, spiritual dan material, semangat, perhatian, selalu setia dan sabar dalam menghadapi curhatan dari penulis, serta selalu memberikan doa yang tiada habisnya yang dipanjatkan untuk penulis.
3. Bapak Dr.Eng. Radityo Anggoro, S.Kom.,M.Sc. selaku dosen pembimbing, atas bimbingan, arahan, serta bantuan ide untuk menyelesaikan Tesis ini.
4. Bapak Waskitho Wibisono, S.Kom., M.Eng, Ph.D., selaku ketua program studi pasca sarjana departemen Informatika ITS dan Ibu Dr.Eng. Chastine Fatichah, S.Kom,M.Kom selaku sekretaris prodi S2.
5. Pak Yudi, Pak Sugeng, Mas Jumali dan segenap staf Tata Usaha yang telah memberikan segala bantuan dan kemudahan kepada penulis selama menjalani kuliah di Teknik Informatika ITS.
6. Seluruh teman-teman pasca sarjana 2018, selama bersama kalian sadar atau tidak telah membentuk karakter dan kepribadian penulis.
7. Juga tidak lupa kepada semua pihak yang belum sempat disebutkan satu per satu yang telah membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Kesempurnaan tentu sangat jauh tercapai pada Tesis ini, maka penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca.

Surabaya, 10 Januari 2020

Kharisma Monika Dian Pertiwi

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR ISI

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| LEMBAR PENGESAHAN TESIS .....  | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| ABSTRAK .....  | iii                                 |
| ABSTRACT .....   | v                                   |
| KATA PENGANTAR .....   | vii                                 |
| DAFTAR ISI .....   | ix                                  |
| DAFTAR TABEL .....   | xi                                  |
| DAFTAR GAMBAR .....  | xiii                                |
| BAB 1 PENDAHULUAN .....  | 1                                   |
| 1.1 Latar Belakang .....   | 1                                   |
| 1.2 Rumusan Masalah .....  | 4                                   |
| 1.3 Tujuan .....   | 5                                   |
| 1.4 Manfaat .....  | 5                                   |
| 1.5 Kontribusi Penelitian .....  | 5                                   |
| 1.6 Batasan Penelitian .....   | 5                                   |
| BAB 2 KAJIAN PUSTAKA .....   | 7                                   |
| 2.1 <i>Vehicular Ad-Hoc Network (VANETs)</i> .....                       | 7                                   |
| 2.2 <i>Routing Protocol GPSR</i> .....                                   | 7                                   |
| 2.2.1 <i>Greedy forwarding</i> .....                                     | 8                                   |
| 2.2.2 <i>Perimeter forwarding</i> .....                                  | 9                                   |
| 2.3 <i>Optimum Communication Area</i> .....                              | 10                                  |
| 2.4 Kecepatan Rata-Rata Geometrik .....                                  | 11                                  |
| BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....  | 13                                  |
| 3.1 Tahapan Penelitian .....   | 13                                  |
| 3.2 Studi Literatur .....  | 14                                  |
| 3.3 Perancangan Algoritma .....  | 15                                  |
| 3.3.1 Penghitungan Kecepatan Rata-rata Geometrik .....                   | 16                                  |
| 3.3.2 <i>Neighbor Discovery</i> .....                                    | 16                                  |
| 3.3.3 Pencarian <i>Optimum Communication Area</i> .....                  | 18                                  |
| 3.3.4 Arah Gerak Node .....  | 19                                  |
| 3.4 Implementasi .....   | 20                                  |
| 3.4.1 Implementasi Skenario Mobilitas .....                              | 20                                  |
| 3.4.2 Implementasi Penghitungan Rata-rata Kecepatan Geometrik .....      | 22                                  |
| 3.4.3 Implementasi Beacon Message .....                                  | 23                                  |
| 3.4.4 Implementasi Pembaruan Neighbor Table .....                        | 23                                  |
| 3.4.5 Implementasi Pencarian Node Acuan .....                            | 24                                  |
| 3.4.6 Implementasi Pencarian Node di Optimum Communication Area .....    | 25                                  |
| 3.4.7 Implementasi Sorting Berdasarkan Kecepatan .....                   | 26                                  |
| 3.4.8 Implementasi Seleksi Berdasarkan Jarak Terhadap Node Tujuan .....  | 26                                  |
| 3.4.9 Implementasi Simulasi NS-2 .....                                   | 27                                  |
| 3.5 Pra Uji Coba .....   | 27                                  |
| 3.5.1 Uji Coba Kecepatan Real Time dan Rata-rata Geometrik Kecepatan ... | 27                                  |
| 3.5.2 Uji Coba Nilai $\lambda$ .....                                     | 28                                  |
| 3.5.3 Uji Coba Beacon Interval .....                                     | 28                                  |
| 3.6 Pengujian .....  | 28                                  |
| 3.7 Analisa Hasil .....  | 28                                  |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 3.7.1 | <i>Packet Delivery Ratio (PDR)</i> .....                         | 28  |
| 3.7.2 | <i>End to end Delay (E2D)</i> .....                              | 29  |
| 3.7.3 | <i>Routing Overhead (RO)</i> .....                               | 30  |
| 3.7.4 | <i>Lifetime Route</i> .....                                      | 30  |
| BAB 4 | HASIL DAN PEMBAHASAN .....                                       | 31  |
| 4.1   | Lingkungan Uji Coba .....  | 31  |
| 4.2   | Hasil Pra Uji Coba.....  | 31  |
| 4.2.1 | Hasil Uji Coba Nilai $\lambda$ .....                             | 31  |
| 4.2.2 | Hasil Uji Coba Beacon Interval .....                             | 33  |
| 4.3   | Hasil Pengujian.....   | 34  |
| 4.3.1 | Uji Coba Skenario Grid .....                                     | 34  |
| 4.3.2 | Uji Coba Skenario Real .....                                     | 59  |
| 4.3.3 | Evaluasi Lifetime Route .....                                    | 65  |
| BAB 5 | KESIMPULAN DAN SARAN .....                                       | 91  |
| 5.1   | Kesimpulan.....  | 91  |
| 5.2   | Saran .....  | 92  |
|       | DAFTAR PUSTAKA.....  | 93  |
|       | LAMPIRAN .....   | 95  |
| A.1   | Kelas GPSRAgent .....  | 95  |
| A.2   | Kode Program Fungsi calculate_speed().....                       | 95  |
| A.3   | Kode Program Penambahan Pada GPSR Packet.....                    | 95  |
| A.4   | Kode Program Fungsi hellomsg() .....                             | 96  |
| A.5   | Struct GPSRNeighbor .....  | 96  |
| A.6   | Kode Program Fungsi RecvHello.....                               | 96  |
| A.7   | Kode Program Fungsi NewNB() .....                                | 96  |
| A.8   | Kode Fungsi Euclidean Distance getdis() .....                    | 97  |
| A.9   | Kode Fungsi Greedy Forwarding gf_nexthop() .....                 | 98  |
| A.10  | Kode Program Pencarian Node Acuan .....                          | 100 |
| A.11  | Kode Program Pencarian Node di Optimum Communication Area.....   | 100 |
| A.12  | Kode Program Sorting .....                                       | 101 |
| A.13  | Kode Program Seleksi Berdasarkan Jarak Terhadap Node Tujuan..... | 102 |
| A.14  | Kode Program Evaluasi Packet Delivery Ratio .....                | 103 |
| A.15  | Kode Program Evaluasi End-to-end Delay .....                     | 111 |
| A.16  | Kode Program Evaluasi Routing Overhead.....                      | 111 |
| A.17  | Kode Program Evaluasi Lifetime Route .....                       | 112 |
|       | BIODATA PENULIS .....  | 113 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 3.1 Parameter Simulasi .....                             | 27 |
| Tabel 4.1 Tabel Data PDR Pada 30 Node.....                     | 35 |
| Tabel 4.2 Tabel Data PDR Pada 50 Node.....                     | 37 |
| Tabel 4.3 Tabel Data PDR Pada 70 Node.....                     | 38 |
| Tabel 4.4 Tabel Data PDR Pada 90 Node.....                     | 39 |
| Tabel 4.5 Tabel Data E2D Pada 30 Node .....                    | 40 |
| Tabel 4.6 Tabel Data E2D Pada 50 Node .....                    | 41 |
| Tabel 4.7 Tabel Data E2D Pada 70 Node .....                    | 43 |
| Tabel 4.8 Tabel Data E2D Pada 90 Node .....                    | 44 |
| Tabel 4.9 Hasil Evaluasi Routing Overhead Grid.....            | 46 |
| Tabel 4.10 Data PDR pada Skenario Batas Kecepatan 5 m/s .....  | 47 |
| Tabel 4.11 Data PDR pada Skenario Batas Kecepatan 10 m/s ..... | 48 |
| Tabel 4.12 Data PDR pada Skenario Batas Kecepatan 15 m/s ..... | 49 |
| Tabel 4.13 Data PDR pada Skenario Batas Kecepatan 20 m/s ..... | 50 |
| Tabel 4.14 Data PDR pada Skenario Batas Kecepatan 25 m/s ..... | 52 |
| Tabel 4.15 Data E2D pada Skenario Batas Kecepatan 5 m/s .....  | 53 |
| Tabel 4.16 Data E2D pada Skenario Batas Kecepatan 10 m/s ..... | 54 |
| Tabel 4.17 Data E2D pada Skenario Batas Kecepatan 15 m/s ..... | 55 |
| Tabel 4.18 Data E2D pada Skenario Batas Kecepatan 20 m/s ..... | 56 |
| Tabel 4.19 Data E2D pada Skenario Batas Kecepatan 25 m/s ..... | 57 |
| Tabel 4.20 Hasil Evaluasi Routing Overhead Grid.....           | 58 |
| Tabel 4.21. Evaluasi Rute Grid Kec 5 m/s 30 Node .....         | 66 |
| Tabel 4.22. Evaluasi Rute Grid Kec 5 m/s 50 Node .....         | 67 |
| Tabel 4.23. Evaluasi Rute Grid Kec 5 m/s 70 Node .....         | 68 |
| Tabel 4.24. Evaluasi Rute Grid Kec 5 m/s 90 Node .....         | 68 |
| Tabel 4.25. Evaluasi Rute Grid Kec 10 m/s 30 Node .....        | 69 |
| Tabel 4.26. Evaluasi Rute Grid Kec 10 m/s 50 Node .....        | 70 |
| Tabel 4.27. Evaluasi Rute Grid Kec 10 m/s 70 Node .....        | 71 |
| Tabel 4.28. Evaluasi Rute Grid Kec 10 m/s 90 Node .....        | 72 |
| Tabel 4.29. Evaluasi Rute Grid Kec 15 m/s 30 Node .....        | 73 |
| Tabel 4.30. Evaluasi Rute Grid Kec 15 m/s 50 Node .....        | 74 |
| Tabel 4.31. Evaluasi Rute Grid Kec 15 m/s 70 Node .....        | 75 |
| Tabel 4.32. Evaluasi Rute Grid Kec 15 m/s 90 Node .....        | 75 |
| Tabel 4.33. Evaluasi Rute Grid Kec 20 m/s 30 Node .....        | 76 |
| Tabel 4.34. Evaluasi Rute Grid Kec 20 m/s 50 Node .....        | 77 |
| Tabel 4.35. Evaluasi Rute Grid Kec 20 m/s 70 Node .....        | 78 |
| Tabel 4.36. Evaluasi Rute Grid Kec 20 m/s 90 Node .....        | 79 |
| Tabel 4.37. Evaluasi Rute Grid Kec 25 m/s 30 Node .....        | 79 |
| Tabel 4.38. Evaluasi Rute Grid Kec 25 m/s 50 Node .....        | 80 |
| Tabel 4.39. Evaluasi Rute Grid Kec 25 m/s 70 Node .....        | 81 |
| Tabel 4.40. Evaluasi Rute Grid Kec 25 m/s 90 Node .....        | 82 |
| Tabel 4.41. Evaluasi Rute Real Protokol 30 Node .....          | 82 |
| Tabel 4.42. Evaluasi Rute Real Protokol 50 Node .....          | 83 |
| Tabel 4.43. Evaluasi Rute Real Protokol 70 Node .....          | 84 |
| Tabel 4.44. Evaluasi Rute Real Protokol 90 Node .....          | 85 |

|   |    |
|---|----|
| Tabel 4.45. Evaluasi Rute Real Perumahan 30 Node..... | 86 |
| Tabel 4.46. Evaluasi Rute Real Perumahan 50 Node..... | 87 |
| Tabel 4.47. Evaluasi Rute Real Perumahan 70 Node..... | 88 |
| Tabel 4.48. Evaluasi Rute Real Perumahan 90 Node..... | 89 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.1 Contoh <i>Greedy forwarding</i> (Karp dkk. 2000).....                            | 8  |
| Gambar 2.2 Ketidakstabilan <i>next hop</i> pada <i>greedy forwarding</i> (Yang dkk., 2018)9 | 9  |
| Gambar 2.3 Contoh <i>Perimeter forwarding</i> (Karp dkk. 2000) .....                        | 10 |
| Gambar 2.4 <i>Optimum Communication Area</i> (Yang dkk., 2018) .....                        | 10 |
| Gambar 3.1 Tahapan Penelitian .....   | 13 |
| Gambar 3.2 Alur Pengembangan Algoritma GPSR.....  | 15 |
| Gambar 3.3 Contoh <i>beacon message</i> pada detik 5 .....                                  | 17 |
| Gambar 3.4 Tabel Tetangga Node A dan C pada detik ke 5.....                                 | 17 |
| Gambar 3.5 Contoh <i>beacon message</i> pada detik ke 10.....                               | 18 |
| Gambar 3.6 Tabel Tetangga node A dan C pada detik ke 10 .....                               | 18 |
| Gambar 3.7 Alur Perancangan Mobilitas Grid .....  | 21 |
| Gambar 3.8 Pseudocode Pencarian Node Acuan.....   | 25 |
| Gambar 4.1 PDR Uji Coba $\lambda$ .....   | 32 |
| Gambar 4.2 E2D Uji Coba $\lambda$ .....   | 32 |
| Gambar 4.3 Routing Overhead Uji Coba $\lambda$ .....  | 33 |
| Gambar 4.4 Hasil Rata-rata PDR pada Uji Coba Beacon Interval .....                          | 34 |
| Gambar 4.5 Peta Grid.....   | 35 |
| Gambar 4.6 Evaluasi PDR 30 Node.....  | 36 |
| Gambar 4.7 Evaluasi PDR 50 Node.....  | 37 |
| Gambar 4.8 Evaluasi PDR 70 Node.....  | 38 |
| Gambar 4.9 Evaluasi PDR 90 Node.....  | 40 |
| Gambar 4.10 Evaluasi E2D 30 Node .....  | 41 |
| Gambar 4.11 Evaluasi E2D 50 Node .....  | 42 |
| Gambar 4.12 Evaluasi E2D 70 Node .....  | 43 |
| Gambar 4.13 Evaluasi E2D 90 Node .....  | 44 |
| Gambar 4.14 Evaluasi PDR Batas Kecepatan 5 m/s.....   | 47 |
| Gambar 4.15 Evaluasi PDR Batas Kecepatan 10 m/s.....  | 48 |
| Gambar 4.16 Evaluasi PDR Batas Kecepatan 15 m/s.....  | 50 |
| Gambar 4.17 Evaluasi PDR Batas Kecepatan 20 m/s.....  | 51 |
| Gambar 4.18 Evaluasi PDR Batas Kecepatan 25 m/s.....  | 52 |
| Gambar 4.19 Evaluasi E2D Batas Kecepatan 5 m/s .....  | 53 |
| Gambar 4.20 Evaluasi E2D Batas Kecepatan 10 m/s .....                                       | 54 |
| Gambar 4.21 Evaluasi E2D Batas Kecepatan 15 m/s .....                                       | 55 |
| Gambar 4.22 Evaluasi E2D Batas Kecepatan 20 m/s .....                                       | 56 |
| Gambar 4.23 Evaluasi E2D Batas Kecepatan 25 m/s .....                                       | 57 |
| Gambar 4.24 Peta Real Jalan Protokol.....   | 59 |
| Gambar 4.25 PDR Jalan Protokol .....  | 60 |
| Gambar 4.26 E2D Jalan Protokol .....  | 61 |
| Gambar 4.27 RO Jalan Protokol .....   | 62 |
| Gambar 4.28 Peta Real Lingkungan Perumahan .....  | 62 |
| Gambar 4.29 PDR Lingkungan Perumahan.....   | 63 |
| Gambar 4.30 E2D Lingkungan Perumahan .....  | 64 |
| Gambar 4.31 RO Lingkungan Perumahan .....   | 65 |

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Saat ini, hampir setiap orang memiliki mobil atau kendaraan pribadi lainnya. Masalah terbesar seiring meningkatnya penggunaan kendaraan pribadi adalah meningkatnya jumlah kematian yang terjadi karena kecelakaan di jalan, kemacetan dan lain sebagainya (Al-sultan dkk. 2014). Teknologi VANETs (*Vehicular ad hoc networks*) menyediakan komunikasi nirkabel antara kendaraan yang bergerak. VANETs dapat digunakan untuk berbagai aplikasi keselamatan dan non keselamatan, layanan pembayaran tol otomatis, manajemen lalu lintas atau layanan berbasis lokasi (Gerlach, 2006). Gagasan dasar dari jaringan ad hoc adalah bahwa setiap node dapat bergerak dari suatu tempat ke tempat lain. Mobilitas dalam MANET terbatas, sedangkan dalam VANETs node dapat bergerak dengan kecepatan tinggi. Sehingga menyebabkan jaringan yang telah dibangun harus berubah dengan cepat (Samara dkk. 2010). Selain itu antara kendaraan yang satu dan yang lain dapat saling bergerak berbeda arah. Memilih node yang bergerak berbeda arah sebagai *forwarding node*, dapat menimbulkan kegagalan paket.

Kendaraan-kendaraan tersebut membentuk jaringan sementara yang bersifat dinamis. Jaringan tersebut disebut dengan jaringan ad hoc. Dalam komunikasi jaringan ad hoc, membutuhkan protokol *routing*. Telah banyak penelitian mengenai *routing* protokol. Protokol *routing* dalam VANETs dapat dikategorikan menjadi 5 kategori yaitu *routing* protokol berbasis topologi, *routing* protokol berbasis lokasi, *routing* protokol berbasis cluster, *routing* protokol berbasis broadcast dan *routing* protokol berbasis geocast (Ur Rehman dkk., 2013). Salah satu contoh *routing* protokol berbasis lokasi adalah GPSR.

*Greedy perimeter stateless routing* (GPSR) *routing* protokol baru untuk jaringan nirkabel yang menggunakan informasi posisi node tujuan untuk membuat keputusan penerusan paket. Terdapat 2 jenis metode penerusan paket pada GPSR yaitu *greedy forwarding* dan *perimeter forwarding*. GPSR tidak perlu melakukan

*maintenance* terhadap *routing table*. GPSR memiliki kinerja yang baik bahkan ketika topologi jaringan sering berubah (Karp dan Kung, 2000).

Dalam VANETs, topologi jaringan sering berubah karena faktor kecepatan node, hal tersebut menyebabkan komunikasi antar node tidak stabil. Node *next hop* yang telah dipilih pada mode *greedy forwarding* mungkin telah keluar dari jangkauan transmisi sebelum menerima paket. Mode *perimeter forwarding* akan dilakukan jika metode *greedy forwarding* gagal, dalam hal ini sangat mungkin terjadi redundansi dalam pembentukan rute (Cui dkk., 2016).

Pada penelitian (Li dkk. 2016) melakukan perbaikan pada GPSR dengan memperhitungkan pengaruh jumlah tetangga, frekuensi pengiriman data, arah mengemudi dan posisi antara dua *hop*, penulis mengusulkan strategi OinO untuk memastikan hasil terburuk dapat diterima. Hasil simulasi mengkonfirmasi bahwa skema yang digunakan dapat mengurangi *beacon overhead* dan tabrakan data terutama dalam kepadatan dan kecepatan tinggi dalam VANETs, sehingga kinerja *Successful Data Rate* (SDR) lebih baik.

Pada penelitian (Eiza dkk., 2013) mengusulkan protokol *routing* yang andal yang dikenal sebagai AODV-R yang mempertimbangkan metrik reliabilitas tautan untuk meningkatkan kinerja protokol AODV konvensional. Dalam penelitian ini, penulis tidak mempertimbangkan faktor lain seperti jarak, arah gerakan calon *next hop* dan node destinasi dalam pemilihan *next hop*.

Dalam penelitian (Shelly dkk. 2015) mengusulkan protokol GPSR berbasis *reliability* yang memastikan bahwa *link* dengan faktor *reliability* yang lebih besar dari ambang tertentu saja yang dipilih, ketika membangun rute dari sumber ke destinasi. Dalam penelitian ini, penulis hanya mengasumsikan bahwa kendaraan bergerak dalam arah yang sama ketika menghitung *link reliability*. Mereka tidak mempertimbangkan faktor lain seperti jarak, arah gerakan calon *next hop* dan destinasi dalam pemilihan *next hop*.

Dalam penelitian (Rao dkk., 2008) menyajikan GPSR-L yang merupakan versi perbaikan dari GPSR dengan mempertimbangkan *link lifetime* untuk memilih node *next hop*. Namun penelitian tersebut penulis mengasumsikan bahwa kecepatan kendaraan konstan. Namun pada kenyataannya kecepatan kendaraan merupakan variabel yang dapat berubah-ubah dan acak.

GPSR-MA (Granelli dkk., 2007) merupakan modifikasi dari GPSR terkenal yang menggunakan informasi tentang gerakan untuk mengambil keputusan pemilihan *next hop*. Algoritma yang diusulkan adalah *Greedy perimeter stateless routing with Movement Awareness* (GPSR-MA), menambah set parameter yang digunakan untuk mengambil keputusan *routing* dengan memasukkan (i) kecepatan dan (ii) arah pergerakan kendaraan. Kecepatan adalah nilai absolut yang diukur dalam m/s, sedangkan arah gerakan adalah sudut absolut antara vektor kecepatan node dan segmen yang menghubungkannya ke tujuan. Pada penelitian ini menggunakan faktor kecepatan dan arah gerak node dari riwayat koordinat node. Nilai kecepatan yang digunakan adalah jarak yang ditempuh dalam selang waktu. Nilai tersebut dapat diketahui dari riwayat posisi node. Mereka membuat fungsi *weighted node* dengan faktor kecepatan, jarak ke destinasi dan arah gerakan. Namun nilai kecepatan *real time* yang sangat dinamis, membuat pemilihan *forwarding node* tidak tepat.

Pada penelitian (Houssaini dkk., 2016) menyajikan peningkatan protokol terkenal yang diidentifikasi sebagai GPSR + PRedict. Peningkatan ini ditentukan dengan memperkirakan posisi masa depan dari semua node yang berpartisipasi. Hasil percobaan kami menunjukkan kemampuan protokol GPSR + PRedict untuk mengatasi masalah yang diamati dan untuk meningkatkan kinerja keseluruhan dari GPSR konvensional. GPSR + Predict ini bagus jika digunakan dalam skenario mobilitas pada jalan lurus atau tidak terlalu banyak persimpangan.

Dalam penelitian (Yang dkk., 2018) mengusulkan protokol *routing Maxduration Minangle* GPSR (MM-GPSR). Dalam fase *greedy forwarding* pada MM-GPSR, ditentukan durasi komunikasi kumulatif untuk mewakili stabilitas node tetangga, simpul tetangga dengan durasi komunikasi kumulatif maksimum akan dipilih sebagai hop berikutnya. Dalam *perimeter forwarding*, ketika *greedy forwarding* gagal, konsep sudut minimum diperkenalkan sebagai kriteria node hop berikutnya yang optimal. Dengan memperhitungkan posisi simpul tetangga dan menghitung sudut yang terbentuk antara tetangga dan simpul tujuan, simpul tetangga dengan sudut minimum akan dipilih sebagai simpul hop berikutnya. MM-GPSR memiliki peningkatan yang jelas dalam mengurangi tingkat *packet loss*,

mengurangi *end-to-end delay*, meningkatkan *throughput*, dan lebih cocok untuk VANET.

Penelitian ini bertujuan untuk memecahkan masalah dalam protokol *routing* GPSR terkait ketidakstabilan komunikasi karena posisi node yang berubah dalam mode *greedy forwarding*. Selain itu antara kendaraan yang satu dan yang lain dapat saling bergerak berbeda arah. Memilih node yang bergerak berbeda arah sebagai *forwarding node*, dapat menimbulkan kegagalan paket. Dalam penelitian ini penulis akan menambah set parameter yang digunakan untuk mengambil keputusan *routing* dengan memasukkan faktor kecepatan dan jarak saat ini juga saat waktu beacon sebelumnya terhadap node tujuan. Setiap node akan melakukan penghitungan rata-rata geometrik kecepatannya sebelum penyiaran *beacon message*. Informasi rata-rata geometrik tersebut akan ditambahkan pada *beacon message*. Setelah node menerima paket *beacon message*, node akan memperbarui informasi yang terdapat pada *neighbor table*. Pada GPSR konvensional, *neighbor table* hanya menyimpan informasi posisi node pada saat ini, namun dalam penelitian ini, *neighbor table* juga menyimpan informasi posisi node pada waktu sebelumnya dan informasi rata-rata geometrik kecepatan. Informasi dalam *neighbor table* tersebut akan digunakan dalam pengambilan keputusan *routing*. Penelitian ini juga melakukan modifikasi pada metode penerusan paket *greedy forwarding*. Jika penerusan paket menggunakan metode *greedy forwarding*, tahapan pertama yang dilakukan adalah menemukan node-node yang berada dalam area komunikasi optimum. Selanjutnya dari node-node yang berada pada area komunikasi optimum, akan dilakukan seleksi pemilihan *forwarding node*. Node yang layak menjadi *forwarding node* adalah node yang paling minimal perbedaan rata-rata geometrik kecepatannya dan bergerak mendekati node tujuan. Diharapkan dengan penelitian ini dapat meningkatkan performa *routing* protokol GPSR dalam pengiriman data.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang modifikasi metode *greedy forwarding* pada GPSR dengan menambahkan faktor kecepatan dan arah gerak kendaraan ?

2. Bagaimana performa dari segi *packet delivery ratio*, *end-to-end delay* dan *routing overhead* pada modifikasi protokol GPSR dibandingkan dengan protokol GPSR yang telah berkembang sebelumnya ?
3. Bagaimana perbedaan *lifetime route* pada modifikasi protokol GPSR dibandingkan dengan protokol GPSR yang telah berkembang sebelumnya?

### **1.3 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah meningkatkan performa *routing* protokol GPSR dengan mempertimbangkan faktor rata-rata kecepatan dan arah gerak kendaraan dalam pemilihan *forwarding node*.

### **1.4 Manfaat**

Manfaat dari penelitian ini adalah meningkatkan performa *routing protocol* GPSR dengan menambahkan faktor rata-rata kecepatan dan arah gerak kendaraan dalam pemilihan *forwarding node* pada fase *greedy forwarding*.

### **1.5 Kontribusi Penelitian**

Kontribusi dari penelitian ini adalah :

1. Meningkatkan performa *routing* protokol GPSR yang sebelumnya telah dikembangkan dengan mempertimbangkan faktor rata-rata kecepatan dan arah gerak kendaraan dalam pemilihan *forwarding node*.

### **1.6 Batasan Penelitian**

Implementasi VANET pada dunia nyata membutuhkan biaya yang tidak sedikit, maka dalam penelitian ini dibatasi sebagai berikut :

1. Implementasi dan ujicoba menggunakan simulator SUMO dan NS-2.35.
2. Pengembangan *routing* protokol GPSR ini tidak mempertimbangkan faktor kepadatan node dalam pemilihan *forwarding node*.
3. Node pengirim dalam simulasi ini harus memiliki minimal 1 node tetangga.
4. Jika tidak ada kandidat *forwarding node* yang bergerak mendekati node tujuan, maka seleksi hanya berdasarkan selisih rata-rata kecepatan paling kecil terhadap node pengirim.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB 2**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 *Vehicular Ad-Hoc Network* (VANETs)**

VANETs termasuk dalam kategori *mobile ad hoc network* (MANET). Namun VANETs berbeda dengan MANET dalam perihal arsitektur, tantangan, karakteristik, dan fungsinya (Al-sultan dkk., 2014). Komunikasi dalam VANETs dapat meliputi komunikasi *vehicle-to-vehicle* (V2V), *vehicle-to-roadside* (V2R) dan *vehicle-to-infrastructure* (V2I) (Harsch, Festag dan Papadimitratos, 2007).

VANETs telah menjadi bidang penelitian dan aplikasi yang menarik. Saat ini kendaraan banyak dilengkapi dengan sensor, kemampuan pemrosesan dan komunikasi nirkabel. Hal ini kemungkinan dapat mengubah kehidupan dalam hal keselamatan, efisiensi, kenyamanan, kolaborasi publik, dan partisipasi saat sedang dalam perjalanan (Cunha dkk., 2016). Contoh aplikasi utama dalam VANETs adalah penyediaan data keselamatan, manajemen lalu lintas, layanan tol, layanan berbasis lokasi dan dokumentasi (Singh dan Agrawal, 2014).

Dalam VANETs, mobilitas kendaraan yang tinggi menjadi suatu tantangan dalam komunikasi data dan desain aplikasi VANETs. Hal ini dapat menyebabkan topologi dalam VANETs sangat dinamis dan terputus-putus (Cunha dkk., 2016). Topologi VANETs disebabkan karena dua hal: kecepatan kendaraan dan model propagasi radio. Kendaraan bergerak dengan kecepatan relatif 50 km/h pada lingkungan perkotaan dan kecepatan relatif lebih dari 100 km/h di jalan raya. Kendaraan tersebut juga bergerak dengan berbeda arah. Dengan demikian, kendaraan dapat dengan cepat bergabung atau meninggalkan jaringan dalam waktu yang sangat singkat, sehingga menyebabkan topologi jaringan sering dan cepat berubah (Cunha dkk., 2016).

#### **2.2 *Routing Protocol GPSR***

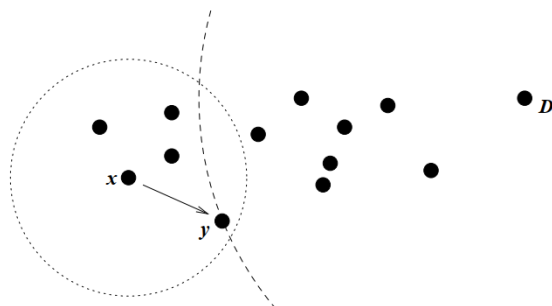
*Greedy perimeter stateless routing* (GPSR) adalah *routing* protokol baru untuk jaringan nirkabel yang menggunakan informasi posisi node tujuan untuk membuat keputusan penerusan paket. Dalam GPSR, node memperoleh informasi posisi menggunakan *positioning system*, dan menyimpan informasi tetangga dalam daftar tetangga (*neighborlist*). Terdapat 2 jenis metode penerusan paket pada GPSR

yaitu *greedy forwarding* dan *perimeter forwarding*. Setiap node akan menyiarkan informasi posisinya ke tetangga secara berkala. Setelah menerima informasi dari tetangga baru, node akan memperbarui informasi pada daftar tetangga. Dalam proses pengiriman paket, node mendapatkan informasi posisi node tujuan dari layanan posisi, selanjutnya membentuk rute ke tujuan menggunakan *greedy forwarding* dan *perimeter forwarding*. Pada tahap *greedy forwarding*, GPSR memilih *next hop* yang terdekat dengan node tujuan menggunakan fungsi jarak *euclidian distance*. Jika tahap *greedy forwarding* gagal, GPSR akan memilih *next hop* menggunakan mode *perimeter forwarding* dengan aturan tangan kanan (right hand rule). GPSR tidak perlu melakukan *maintenance* terhadap *routing table*. GPSR memiliki kineja yang baik bahkan ketika topologi jaringan sering berubah (Karp dkk. 2000).

### 2.2.1 *Greedy forwarding*

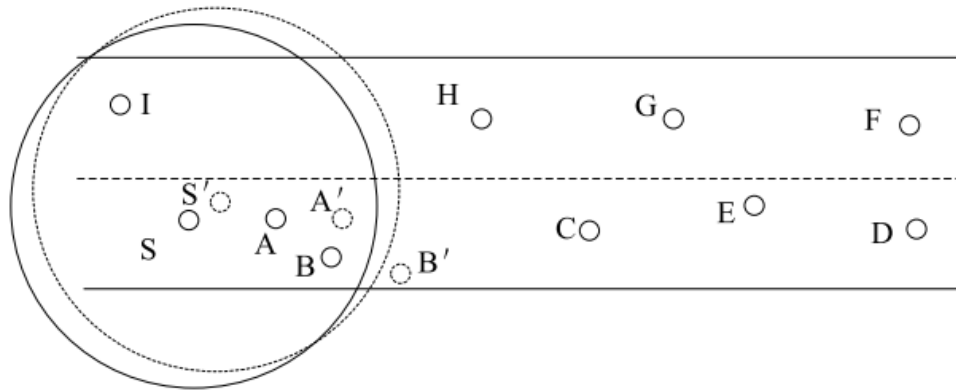
*Greedy forwarding* adalah metode utama yang digunakan dalam pengiriman paket. Dalam metode *greedy forwarding*, pemilihan *next hop* berdasarkan pada posisi yang paling dekat terhadap node tujuan. Penghitungan jarak untuk memilih node terdekat dengan node tujuan menggunakan fungsi jarak euclidian. Contoh proses *greedy forwarding* ditunjukkan pada Gambar 2.1. Node y merupakan tetangga node x, yang terdekat dengan node tujuan (node D).

Namun *next hop* yang dipilih biasanya berada pada tepi area jangkauan komunikasi. Posisi node sangat mudah berubah karena node bergerak cepat, hal ini dapat menyebabkan node *next hop* sangat mungkin keluar dari jangkauan komunikasi sebelum paket diterima olehnya.



Gambar 2.1 Contoh *Greedy forwarding* (Karp dkk. 2000)





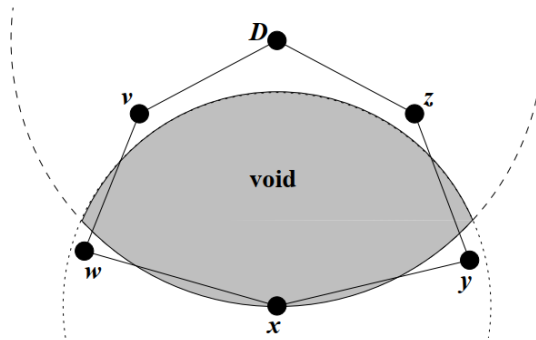
Gambar 2.2 Ketidakstabilan *next hop* pada *greedy forwarding* (Yang

Contoh ketidakstabilan dalam pemilihan *next hop* ditunjukkan pada Gambar 2.2. Node S adalah node saat ini, node D adalah node tujuan, node B adalah tetangga node S yang terdekat dengan node D. S, A, B adalah posisi sebelum pergerakan, S', A', B' adalah posisi setelah pergerakan. Dalam *greedy forwarding*, node S akan memilih node B sebagai *next hop* dalam pengiriman paket. Namun node B bergerak pada posisi B' yang berada di luar jangkauan komunikasi node S. Hal tersebut membuat node B gagal menerima paket. Sehingga hal tersebut dapat menyebabkan pengiriman ulang paket, paket hilang dan menurunnya kinerja jaringan secara keseluruhan (Yang dkk., 2018).

### 2.2.2 *Perimeter forwarding*

Metode *perimeter forwarding* digunakan jika metode *greedy forwarding* gagal. Dalam hal ini, *perimeter forwarding* akan bekerja apabila *greedy forwarding* tidak bisa menemukan node yang paling dekat dengan node tujuan. Dalam *perimeter forwarding*, akan dipilih node sebagai *next hop* dengan aturan tangan kanan atau berputar berlawanan arah jarum jam (Karp dkk. 2000).

Contoh metode *perimeter forwarding* ditunjukkan pada Gambar 2.3. Node x tidak menemukan node yang paling dekat dengan node tujuan (node D). Node x akan memilih node w sebagai *next hop* dan selanjutnya dipilih node v dalam pengiriman paket (Yang dkk., 2018).

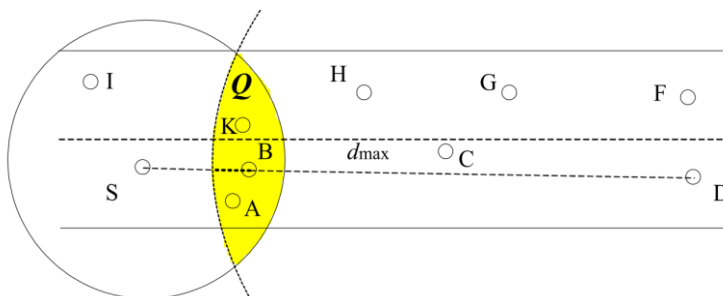


Gambar 2.3 Contoh *Perimeter forwarding* (Karp dkk. 2000)

### 2.3 *Optimum Communication Area*

*Routing* protokol GPSR memilih *next hop* berdasarkan node yang paling dekat dengan node tujuan. Perhitungan jarak menggunakan fungsi euclidean distance. Namun sering kali node yang terpilih *next hop* keluar dari area transmisi sebelum pengiriman paket. Hal tersebut menyebabkan proses pencarian *next hop* harus dilakukan lagi.

Dalam penelitian (Yang dkk., 2018) mengusulkan pemilihan *next hop* tidak hanya berdasarkan faktor jarak terhadap node tujuan. Terdapat beberapa kandidat *next hop* yang terdapat pada area komunikasi optimum (*Optimum Communication Area*). *Optimum Communication Area* dapat dilihat pada Gambar 2.4 yaitu pada area Q, area yang berwarna kuning. Pada gambar tersebut, node S merupakan node sumber yang terletak pada posisi  $(x_S, y_S)$  dan node D adalah node tujuan yang terletak pada posisi  $(x_D, y_D)$ . Dalam mode *greedy forwarding*, node S akan mencari *next hop* yang terdekat dengan node D yaitu node B. *Optimum Communication Area* adalah area *overlapping* antara lingkaran dengan titik pusat S



Gambar 2.4 *Optimum Communication Area* (Yang dkk., 2018)

dan lingkaran besar dengan titik pusat D. Lingkaran dengan titik pusat D memiliki jari-jari  $d_{max}$ . Formula untuk penghitungan  $d_{max}$  ditunjukkan pada persamaan (2.3).

$$d_{BD} = \sqrt{(x_D - x_B)^2 + (y_D - y_B)^2} \quad (2.1)$$

$$d_{SB} = \sqrt{(x_S - x_B)^2 + (y_S - y_B)^2} \quad (2.2)$$

$$d_{max} = d_{BD} + \lambda \times d_{SB} \quad (2.3)$$

Dimana  $d_{BD}$  (2.1) adalah formula untuk penghitungan jarak antara node B dan node D,  $d_{SB}$  (2.2) adalah formula untuk penghitungan jarak antara node S dan node B sehingga didapatkan formula untuk penghitungan  $d_{max}$  (2.3) dimana  $\lambda \in [0, 1]$ . Penentuan nilai  $\lambda$  akan mempengaruhi ukuran *Optimum Communication Area*. Ketika  $\lambda$  terlalu besar, *Optimum Communication Area* akan menjadi lebih besar, maka simpul di dekat S lebih mudah dipilih sebagai hop berikutnya di *Optimum Communication Area*, tetapi jumlah hop untuk node ini ke node D dapat meningkat. Ketika  $\lambda$  terlalu kecil, *Optimum Communication Area* akan menjadi lebih kecil, maka simpul di dekat node D lebih mudah dipilih sebagai *next hop* di *Optimum Communication Area*, jarak dari node S ke simpul ini bisa lebih lama, dan stabilitas tautan bisa menjadi lebih buruk, menyebabkan *packet loss* meningkat. Dengan melakukan beberapa percobaan, formula ini memiliki kinerja yang layak dalam mode *greedy forwarding* ketika  $\lambda$  diatur ke 0,3 (Yang dkk., 2018).

## 2.4 Kecepatan Rata-Rata Geometrik

Dalam VANETs, node-node bergerak dengan kecepatan tinggi dan node bergerak dengan beraturan mengikuti pola jalan. Kecepatan node dapat mempengaruhi kinerja pengiriman paket data, hal ini karena topologi jaringan menjadi sering berubah karena pergerakan node. Hal tersebut menyebabkan faktor kecepatan node perlu dipertimbangkan untuk pengiriman paket.

Dalam penelitian (Manel dan Lamia, 2017) mempertimbangkan faktor kecepatan kendaraan dalam pemilihan *next hop* untuk pengiriman paket. Dalam penelitian tersebut, diimplementasikan pada *routing* protokol AODV. Dalam tabel *routing* AODV ditambahkan kolom baru yang menyimpan informasi kecepatan

rata-rata geometris tetangga. Penulis memilih kecepatan rata-rata geometric untuk menghitung kecepatan rata-rata kendaraan karena dinilai lebih andal dan realistis dari pada rata-rata kecepatan aritmatika. Contoh nilai kecepatan node {8,8,8,8,20} kecepatan rata-rata aritmatika adalah 10,4 sedangkan kecepatan rata-rata geometri adalah 9,6.

Rata-rata geometrik adalah rata-rata yang diperoleh dengan mengalikan semua data dalam suatu kelompok sampel, kemudian diakarpangkatkan dengan banyaknya data sampel tersebut. Persamaan rata-rata geometrik ditunjukkan pada persamaan (2.4). Dalam penelitian tersebut informasi kecepatan rata-rata geometric setiap node diperbarui saat pembaruan tabel *routing*.

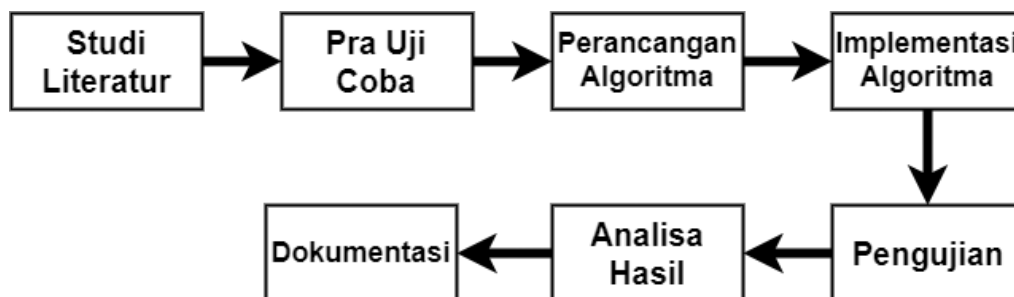
$$AvgSpeed = \sqrt[n]{S_1 \times S_2 \times \dots \times S_n} \quad (2.4)$$

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan memaparkan mengenai tahapan penelitian yang dilakukan. Detail dalam setiap tahapan akan dijelaskan dalam sub-bab sebagai berikut:

#### 3.1 Tahapan Penelitian



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian digunakan agar penelitian ini dapat diselesaikan sesuai dengan tujuan. Alur tahapan penelitian tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1. Studi literatur digunakan untuk mempelajari masalah yang ditemukan dan penelitian yang pernah ada mengenai masalah tersebut. Pra uji coba digunakan untuk mendapatkan nilai variabel yang baik yang akan dimasukkan dalam algoritma. Langkah selanjutnya adalah perancangan algoritma. Dalam penelitian ini, algoritma yang dirancang adalah modifikasi pada *greedy forwarding* dengan mempertimbangkan informasi posisi untuk mengetahui arah dan rata-rata geometrik kecepatan node.

Tahap pengujian dilakukan dengan simulasi pada lingkungan peta berbentuk *grid* dan peta *real* menggunakan peta kota Surabaya Timur yang telah dibuat terlebih dahulu.

Setelah implementasi algoritma adalah pengujian. Pengujian dilakukan menggunakan simulator. Hasil dari pengujian pada simulator tersebut berupa trace file yang dapat dianalisa. Tahap yang terakhir adalah dokumentasi yang akan menghasilkan buku thesis.

### 3.2 Studi Literatur

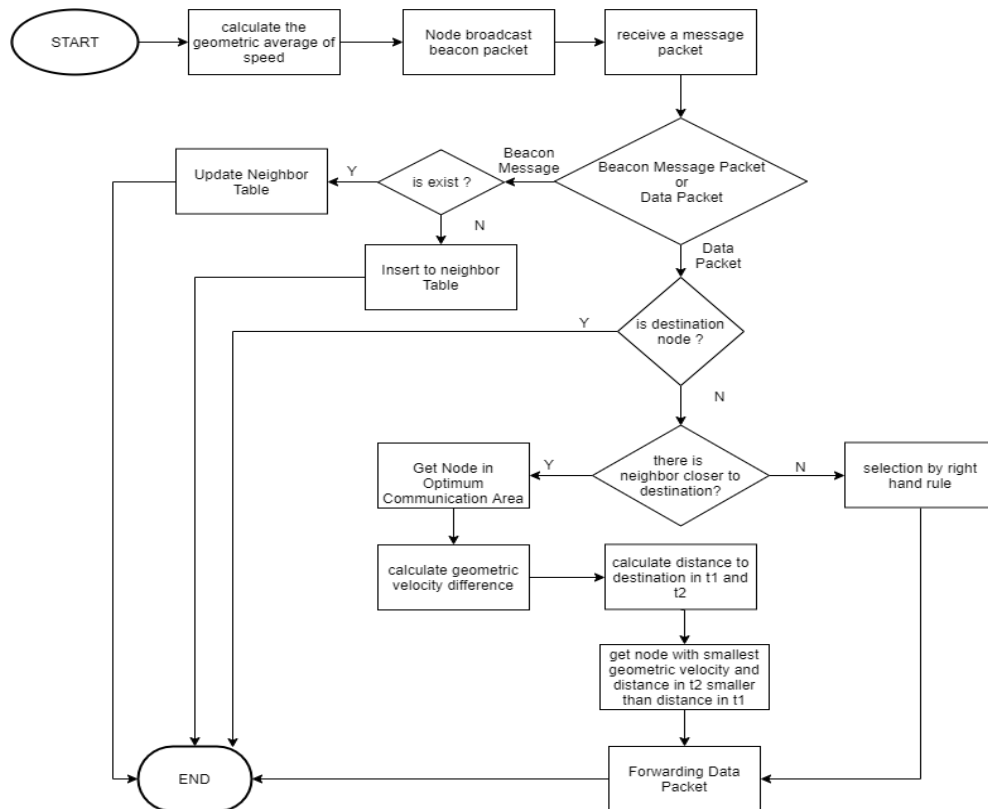
Penelitian diawali dengan melakukan kajian yang berkaitan dengan topik penelitian yang diajukan. Referensi yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari jurnal, konferensi dan buku yang berkaitan dengan algoritma *greedy forwarding* pada *routing* protokol GPSR dan pengambilan keputusan *routing* berdasarkan faktor kecepatan, posisi dan arah.

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, didapatkan informasi sebagai berikut:

1. Tantangan dalam VANETs adalah mobilitas tinggi, hal tersebut menyebabkan topologi jaringan sering berubah dan hubungan komunikasi antar node rusak.
2. Dalam metode *greedy forwarding* GPSR, memilih *next hop* node hanya berdasarkan jarak yang terdekat dengan node tujuan, memungkinkan node yang terpilih keluar dari area transmisi node sumber. Sehingga perlu mempertimbangkan faktor lain.
3. Node-node yang layak dijadikan *next hop* adalah node-node yang berada pada *Optimum Communication Area*.
4. Rata-rata geometrik dinilai lebih andal dan realistis dibandingkan dengan rata-rata aritmatika
5. Node *forwarding* yang layak dipilih adalah node yang bergerak mendekati node tujuan.

### 3.3 Perancangan Algoritma

Pada bagian ini, akan dijelaskan mengenai algoritma yang diusulkan terhadap modifikasi protokol *routing* GPSR. Tahapan modifikasi *routing* protokol GPSR ditunjukkan pada Gambar. Tahapan pertama, setiap node melakukan penghitungan rata-rata geometrik kecepatan. Penghitungan rata-rata geometrik kecepatan ini dilakukan secara berkala sebelum menyiarkan *beacon message*. Pada



Gambar 3.2 Alur Pengembangan Algoritma GPSR

*beacon message*, ditambahkan kolom baru yang berguna untuk menyimpan informasi rata-rata geometrik kecepatan node tersebut. Selanjutnya *beacon message* tersebut disiarkan kepada node tetangga. Penyiaran *beacon message* tersebut berguna untuk mengenali node tetangga yang dapat dijangkau. Jika sebuah node menerima *beacon message*, maka node menerima akan memperbarui *neighbor table*. Pada GPSR konvensional, *neighbor table* hanya menyimpan informasi mengenai posisi node pada saat itu. Pada modifikasi GPSR ini, selain menyimpan informasi posisi node saat ini, juga menyimpan informasi posisi node pada waktu sebelumnya. Informasi dalam *neighbor table* tersebut akan digunakan dalam pengambilan keputusan *routing*.

Terdapat 2 metode mekanisme penerusan paket pada GPSR, yaitu dengan *greedy forwarding* dan *perimeter forwarding*. *Perimeter forwarding* dilakukan jika metode *greedy forwarding* gagal. Jika penerusan paket menggunakan metode *greedy forwarding*, tahapan pertama yang dilakukan adalah menemukan node-node yang berada dalam area komunikasi optimum. Selanjutnya dari node-node yang berada pada area komunikasi optimum, akan dilakukan seleksi pemilihan *forwarding node*. Node yang layak menjadi *forwarding node* adalah node yang paling minimal perbedaan rata-rata geometrik kecepatannya dan bergerak mendekati node tujuan. Secara lebih rinci dijelaskan pada sub-sub bab dibawah ini:

### **3.3.1 Penghitungan Kecepatan Rata-rata Geometrik**

Selain dapat mengetahui informasi posisinya, setiap node juga dapat mengetahui informasi kecepatannya sekarang. Pada GPSR konvensional, informasi kecepatan tersebut tidak dimanfaatkan. Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, setiap kendaraan bergerak dengan kecepatan yang dinamis dan rata-rata kecepatan geometrik dinilai lebih andal dan realistis (Manel dan Lamia, 2017).

Pada modifikasi GPSR ini, setiap node menghitung rata-rata kecepatan geometrik node. Penghitungan dilakukan sebelum melakukan penyiaran *beacon message*. Persamaan yang digunakan untuk menghitung rata-rata kecepatan geometrik ditunjukkan pada persamaan (2.4).

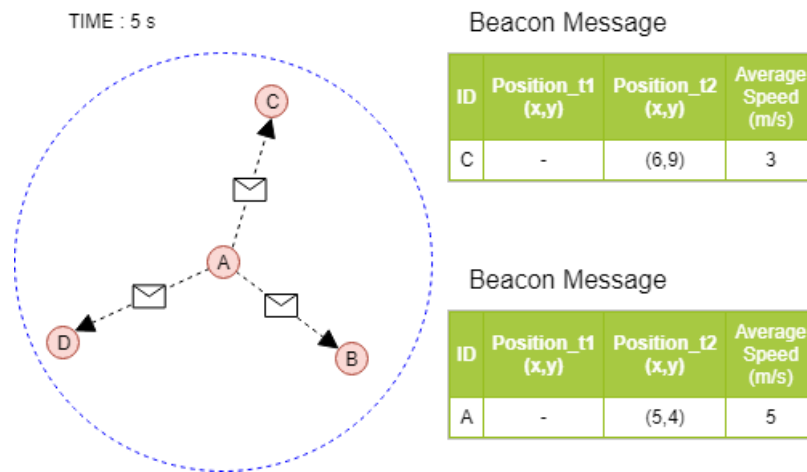
### **3.3.2 Neighbor Discovery**

Pada position based *routing protocol* setiap node dapat mengetahui informasi posisi geografis masing-masing. Secara periodik setiap node membagikan informasi posisinya yang disebut dengan *beacon message*. Menggunakan *beacon message* tersebut, setiap node dapat mengenali tetangganya. Pada GPSR, paket *beacon* berisikan informasi waktu dan posisi node dalam koordinat (x,y).

Pada modifikasi GPSR ini, paket *beacon* ditambahkan informasi rata-rata kecepatan geometrik node. Selain berisi mengenai posisi node saat itu, paket *beacon* juga berisikan informasi posisi node saat *beacon* sebelumnya. Informasi ini akan disimpan dalam tabel tetangga yang akan digunakan dalam pemilihan *forwarding node*.



Sebagai contoh, penyiaran *beacon message* dilakukan setiap 5 detik. Penyiaran *beacon message* pada node C dan node A ditunjukkan pada Gambar 3.3. Pada detik ke 5, posisi node C pada koordinat (6,9) dengan rata-rata kecepatan geometrik saat itu 3 m/s. Sedangkan posisi node A pada koordinat (5,4) dengan rata-rata kecepatan geometrik 5 m/s. Informasi posisi dan rata-rata geometrik kecepatan ditambahkan ke paket *beacon*. Paket *beacon* tersebut disebarkan ke node tetangganya.



Gambar 3.3 Contoh *beacon message* pada detik 5

TIME : 5 s

**C**

NEIGHBOR TABLE

| ID Node | Position_t1 (x,y) | Position_t2 (x,y) | Average Speed (m/s) |
|---------|-------------------|-------------------|---------------------|
| A       | -                 | (5,4)             | 5                   |

**A**

NEIGHBOR TABLE

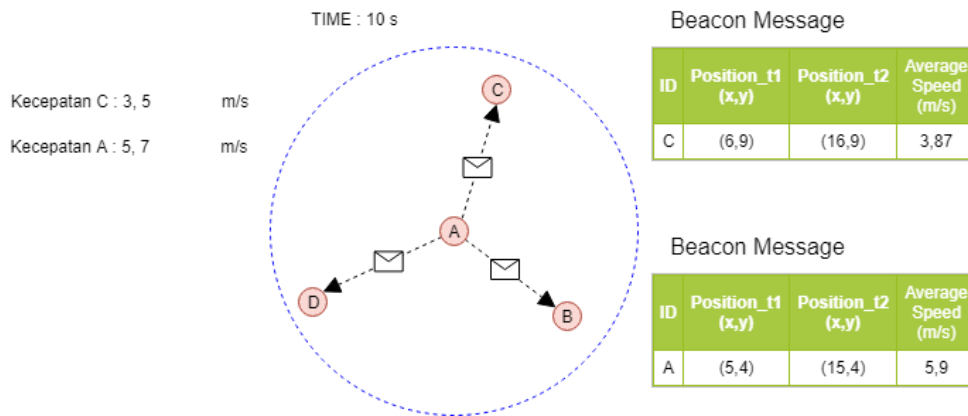
| ID Node | Position_t1 (x,y) | Position_t2 (x,y) | Average Speed (m/s) |
|---------|-------------------|-------------------|---------------------|
| B       | -                 | (10,1)            | 7                   |
| C       | -                 | (6,9)             | 3                   |
| D       | -                 | (1,2)             | 4                   |

Gambar 3.4 Tabel Tetangga Node A dan C pada detik ke 5

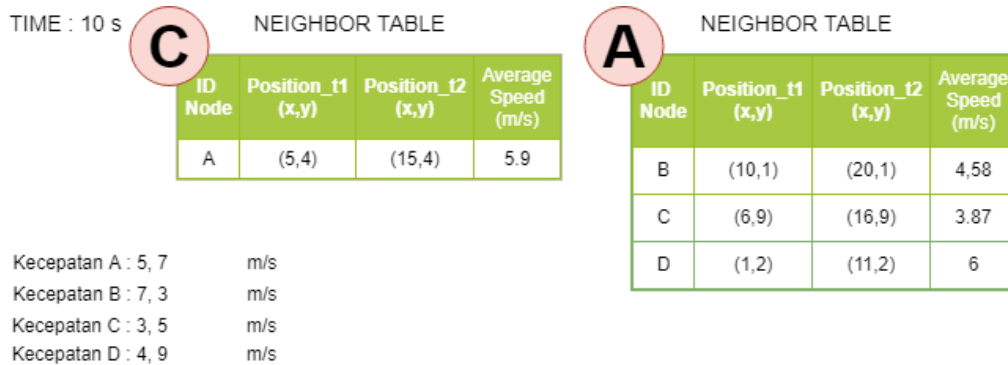
Selanjutnya node tetangga akan menerima paket *beacon*, dimana informasi pada paket *beacon* digunakan untuk menambah entri pada tabel tetangga (*neighbor table*) jika node tersebut baru dikenali, atau memperbarui informasi pada tabel tetangga jika node tersebut sudah dikenali sebelumnya. Contoh tabel tetangga pada node A dan node C ditunjukkan pada Gambar 3.4. Node A menerima paket beacon dari node B, C, D. Sedangkan node C menerima paket beacon dari node A. Informasi posisi terbaru node disimpan pada kolom Position\_t2. Informasi posisi

sebelumnya disimpan pada kolom Position\_t1. Informasi rata-rata geometrik kecepatan disimpan pada kolom AverageSpeed.

Pada detik ke 10 dan setiap 5 detik berikutnya, setiap node akan melakukan penyiaran beacon message dan memperbarui tabel tetangga. Ilustrasi penyiaran beacon message pada detik ke 10 ditunjukkan pada Gambar 3.5. Contoh tabel tetangga pada node A dan C setelah diperbarui pada detik ke 10 ditunjukkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.5 Contoh *beacon message* pada detik ke 10



Gambar 3.6 Tabel Tetangga node A dan C pada detik ke 10

### 3.3.3 Pencarian *Optimum Communication Area*

Dalam penelitian (Yang dkk., 2018) node *forwarding* yang akan dipilih adalah node yang berada di area optimum. Pada modifikasi GPSR ini, node *forwarding* yang dipilih adalah node yang berada pada *Optimum Communication Area*. Persamaan yang digunakan untuk mencari *optimum communication area* dapat dilihat pada persamaan (2.1), (2.2) dan (2.3).

Tahapan pencarian *optimum communication area* ini hampir sama dengan pemilihan node *forwarding* pada GPSR konvensional. Pada GPSR konvensional, node yang memiliki jarak terdekat dengan node tujuan akan dipilih menjadi node *forwarding*. Namun pada modifikasi ini node tersebut akan digunakan sebagai titik acuan untuk mencari *optimum communication area*.

Pada saat akan mengirim paket, node sumber membandingkan jarak node tetangganya terhadap node tujuan. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan node sebagai titik acuan. Setelah mendapat node titik acuan tersebut, dilakukan penghitungan jarak titik tersebut terhadap node tujuan menggunakan persamaan (2.1) dan jarak titik tersebut terhadap node sumber menggunakan persamaan (2.2). Hasil dari penghitungan jarak tersebut digunakan untuk mencari  $d_{max}$ , yaitu jari-jari lingkaran besar dengan titik pusat node tujuan. *Optimum communication area* adalah area perpotongan antara area transmisi node sumber dan lingkaran besar tersebut. Penghitungan  $d_{max}$  menggunakan persamaan (2.3). Node-node yang berada pada *optimum communication area* merupakan node kandidat yang akan dipilih sebagai node *forwarding*.

#### **3.3.4 Arah Gerak Node**

Node-node kandidat yang masuk ke dalam *optimum communication area*, akan diseleksi berdasarkan rata-rata geometrik kecepatan. Tahapan pertama dilakukan penghitungan selisih rata-rata geometrik kecepatan node terhadap node sumber. Selanjutnya akan dilakukan pengecekan arah gerak node berdasarkan node yang memiliki selisih rata-rata kecepatan terkecil. Node yang akan dipilih menjadi node *forwarding* adalah node yang memiliki selisih rata-rata kecepatan terkecil dan bergerak mendekati node tujuan.

Pada penelitian (Granelli *dkk.*, 2007) *forwarding* node yang dipilih adalah node yang bergerak ke arah tujuan. Pada VANETs, arah gerak node tidak dapat diketahui secara langsung. Pada modifikasi GPSR ini, arah gerak node dihitung menggunakan historis posisi node. Posisi node tetangga diketahui dari paket *beacon*. Posisi node ini, akan digunakan untuk menghitung jarak node terhadap node tujuan. Arah gerak node ini akan digunakan dalam pemilihan *forwarding* node. *Forwarding* node yang dipilih adalah node yang bergerak mendekati node tujuan. Penghitungan jarak antara node dengan node tujuan menggunakan fungsi

*euclidian*. Penghitungan jarak menggunakan persamaan 3.1. *Forwarding* node yang dipilih adalah node yang memiliki jarak terhadap node tujuan saat  $t_2$  lebih kecil daripada jarak terhadap node tujuan saat  $t_1$ .

$$dt_i = \sqrt{(x_d - x_n)^2 + (y_d - y_n)^2} \quad (3.1)$$

Keterangan :

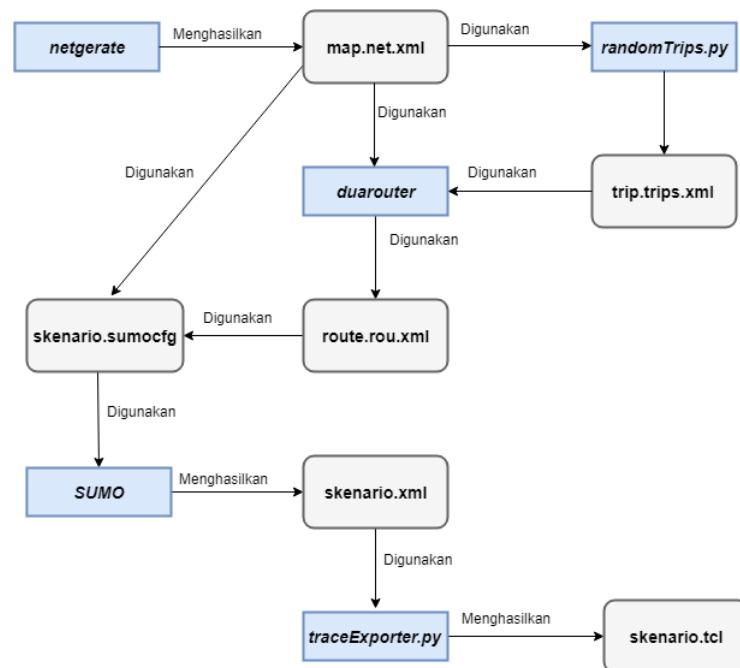
- i : Waktu ke- (1 dan 2)
- dt : Jarak node terhadap node tujuan
- $x_d, y_d$  : Posisi node tujuan saat ini
- $x_n, y_n$  : Posisi node kandidat saat  $t_i$

### 3.4 Implementasi

#### 3.4.1 Implementasi Skenario Mobilitas

##### 3.4.1.1 Skenario Grid

Perancangan skenario mobilitas grid diawali menentukan luas area simulasi yang dibutuhkan. Dari luas area tersebut ditentukan panjang dan lebar area. Selanjutnya dari panjang dan lebar area, ditentukan banyaknya persimpangan atau perpotongan jalan yang dibutuhkan, sehingga dapat diketahui jumlah petak. Setelah jumlah petak diketahui, dapat menentukan panjang dan lebar setiap petak. Misalnya area luas area simulasi  $1000m^2$ . Dari luas tersebut didapatkan Panjang dan lebar area adalah  $1000m \times 1000m$ . Titik persimpangan yang dibutuhkan adalah 11 titik, sehingga dapat menghasilkan 10 petak. Dengan begitu untuk mendapatkan area  $1000m \times 1000m$  dengan 10 petak, maka Panjang dan lebar setiap petak adalah  $100m \times 100m$ .



Gambar 3.7 Alur Perancangan Mobilitas Grid

Peta grid yang telah ditentukan luas areanya tersebut kemudian dibuat dengan menggunakan tools SUMO yaitu netgenerate. Selain titik persimpangan dan panjang tiap petak grid, dibutuhkan juga pengaturan jumlah kendaraan dan kecepatan maksimal kendaraan dalam pembuatan peta grid menggunakan netgenerate ini. Peta grid yang dihasilkan oleh netgenerate akan memiliki ekstensi .net.xml. Peta grid ini kemudian digunakan untuk membuat pergerakan node dengan tools SUMO yaitu RandomTrips dan duarouter.

Skenario mobilitas grid dihasilkan dengan menggabungkan file peta grid dan file pergerakan node yang telah digenerate, yang akan menghasilkan file dengan ekstensi .xml. Selanjutnya, untuk dapat menerapkannya pada NS-2 file skenario mobilitas grid yang berekstensi .xml dikonversi ke dalam bentuk file .tcl. Konversi ini dilakukan menggunakan tools traceExporter. Hasilnya berupa file yang berisi mobilitas dari setiap node (mobility.tcl) dan informasi lifetime dari setiap node (activity.tcl). Alur pembuatan skenario grid dapat dilihat pada Gambar 3.7.

#### 3.4.1.2 Skenario Real

Perancangan skenario mobilitas real diawali dengan memilih area yang akan dijadikan simulasi. Pada penelitian ini, digunakan peta dari OpenStreetMap

untuk mengambil area yang dijadikan model simulasi. Terdapat 2 area real yang digunakan dalam penelitian ini yaitu area jalan protokol dan area perumahan. Area jalan protokol dimana terdapat jalan besar dan panjang, sedangkan area perumahan dimana jalan sempit dan banyak tikungan. Setelah memilih area, unduh dengan menggunakan fitur export dari OpenStreetMap. Peta hasil export dari OpenStreetMap ini memiliki ekstensi .osm.

Setelah mendapatkan peta area yang dijadikan simulasi, peta tersebut dikonversi ke dalam bentuk file dengan ekstensi .net.xml menggunakan tools SUMO yaitu netconvert. Tahap berikutnya memiliki tahapan yang sama seperti tahapan ketika merancang skenario mobilitas grid, yaitu membuat pergerakan node menggunakan RandomTrips dan duarouter. Kemudian gabungkan file peta real yang sudah dikonversi ke dalam file dengan ekstensi .net.xml dan file pergerakan node yang sudah digenerate. Hasil dari penggabungan tersebut merupakan file skenario yang berekstensi .xml. File yang dihasilkan tersebut dikonversi ke dalam bentuk file .tcl agar dapat diterapkan pada NS-2.

Alur pembuatan skenario real hampir sama dengan alur pembuatan skenario grid yang ditunjukkan pada Gambar 3.7. Namun peta map.net.xml dihasilkan dari peta osm yang telah dikonversi. Proses selanjutnya sama dengan pembuatan skenario grid.

### **3.4.2 Implementasi Penghitungan Rata-rata Kecepatan Geometrik**

Dalam metode yang diusulkan, setiap node akan melakukan penghitungan rata-rata kecepatan geometrik sebelum melakukan penyiaran pesan beacon. Persamaan untuk menghitung rata-rata kecepatan geometrik terdapat pada persamaan 2.4.

Dalam pengimplementasian ini penulis menambahkan fungsi calculate\_speed() dalam kelas GPSRAgent. Fungsi calculate\_speed() ditulis pada file gpsr.cc dan dideklarasikan pada kelas GPSRAgent pada file gpsr.h. Fungsi tersebut akan dipanggil dalam fungsi hellomsg(), yang merupakan fungsi untuk melakukan penyiaran pesan hello atau beacon. Kode program fungsi calculate\_speed() dapat dilihat pada lampiran A.2.

Sebelumnya penulis menambahkan properti pada kelas GPSRAgent. Beberapa properti yang ditambahkan adalah myprevx, myprevy, n, totalgeospeed[]

dan avg\_speed. Properti myprevx dan myprevy digunakan untuk menyimpan koordinat posisi node saat t1 atau saat pembaruan sebelumnya. Properti n digunakan untuk menghitung jumlah pembaruan yang dilakukan. Properti totalgeospeed digunakan untuk menyimpan data speed node tersebut mulai n ke-0 hingga ke-n. Properti avg\_speed digunakan untuk menyimpan nilai rata-rata geometrik kecepatan. Kode program penambahan properti pada kelas GPSRAgent dapat dilihat pada lampiran A.1.

### **3.4.3 Implementasi Beacon Message**

Beacon message juga biasa disebut dengan hello message. Beacon message ini berguna untuk pembaruan informasi pada tabel tetangga (neighbor table). Penulis melakukan penambahan pada header packet beacon dalam file gpsr\_packet.h. Dalam header packet ditambahkan properti myprevx, myprevy untuk menyimpan nilai koordinat saat t1, dan properti avg\_speed untuk menyimpan nilai rata-rata geometrik kecepatan. Kode program penambahan pada header packet gpsr dapat dilihat pada lampiran A.3.

Setelah dideklarasikan pada file gpsr.h, dilakukan pembaruan nilai properti tersebut pada fungsi hellomsg(). Fungsi hellomsg() merupakan fungsi untuk melakukan pengiriman hello message. Fungsi hellomsg() ini dipanggil setiap interval tertentu sesuai dengan pengaturan simulasi yang dilakukan. Fungsi hellomsg() ditulis dalam gpsr.cc. Kode program perubahan pada fungsi hellomsg() dapat dilihat pada lampiran A.4.

Dalam fungsi tersebut dilakukan penyimpanan nilai avg\_speed, prevx, prevy ke dalam paket header gpsr. Selanjutnya dilakukan penyiaran paket hello tersebut ke tetangga-tetangga. Setelah melakukan penyiaran, node akan memperbarui informasi myprevx dan myprevy miliknya.

### **3.4.4 Implementasi Pembaruan Neighbor Table**

Pembaruan neighbor table dilakukan saat node menerima paket beacon/hello dari tetangganya. Penulis melakukan penambahan properti pada struct neighbor table pada file neighbor\_table.h. Properti yang ditambahkan adalah myprevx, myprevy, dan avg\_speed. Properti tersebut digunakan untuk menyimpan informasi dari tetangga yang didapatkan dari beacon message. Perubahan pada

struct `gpsr_neighbor` dapat dilihat pada lampiran A.5. Fungsi untuk menerima paket hello adalah `recvHello()` pada kelas `GPSRAgent` pada file `gpsr.cc`. Pada fungsi tersebut, penulis menambahkan parameter untuk dimasukkan dalam neighbor table. Perubahan pada fungsi `recvHello` dapat dilihat pada lampiran A.6.

Pada fungsi `recvHello()` beberapa parameter yang dimasukkan dalam neighbor table. Fungsi pembaruan neighbor table terdapat pada kelas `GPSRNeighbor` pada file `neighbor_table.cc`. Fungsi tersebut adalah fungsi `newNB`. Perubahan pada fungsi `newNB` dapat dilihat pada lampiran A.7. Pada fungsi tersebut jika node yang mengirim hello belum terdapat pada neighbor table, maka informasi node tersebut akan ditambahkan pada neighbor table. Namun jika node sudah terdapat pada neighbor table, maka informasi node tersebut akan diperbarui. Informasi yang disimpan pada neighbor table adalah koordinat x, y saat t1, koordinat x, y saat t2 dan rata-rata geometrik kecepatan. Neighbor table ini digunakan sebagai acuan dalam pemilihan `nexthop`.

### 3.4.5 Implementasi Pencarian Node Acuan

Node acuan adalah node tetangganya yang terdekat dengan node tujuan. Dalam hal ini dilakukan penghitungan jarak menggunakan euclidian distance. Fungsi `getdis()` digunakan untuk menghitung jarak menggunakan euclidian distance antara 2 titik. Fungsi tersebut dapat dilihat pada lampiran A.8.

Pencarian node acuan ini dilakukan pada fungsi `gf_nexthop()` yang dapat dilihat pada lampiran A.9. Pencarian node acuan dilakukan dengan mengiterasi tabel tetangga untuk mendapatkan node yang terdekat dengan node tujuan. Sebelumnya juga dilakukan pencarian jarak antara node saat ini terhadap node tujuan yang disimpan dalam variable `mindis`. Setelah itu, jika jarak tetangga terhadap node tujuan (`temp_dis`) lebih kecil dari `mindis` maka id node acuan berubah menjadi id node tersebut. Pseudocode pencarian node acuan dapat dilihat pada Gambar 3.8. Jika id `temp_nexthop` yang didapat sama dengan id node tujuan, maka fungsi berakhir dan return `nexthop`.

```
nsaddr_t nexthop = -1
nsaddr_t temp_nexthop = -1
double tempX, tempY
```



```

mindis = distance between mynode and destination node
While(neighbors) {
    tempdis = distance between neighbor and destination node
    if (tempdis < mindis){
        nexthop = temp->id_
        temp_nexthop = temp->id_
        tempX = temp->x_
        tempY = temp->y_
    }
}
If(temp_nexthop == dst_id)
    return next_hop

```

Gambar 3.8 Pseudocode Pencarian Node Acuan

### 3.4.6 Implementasi Pencarian Node di Optimum Communication Area

Pencarian allowed communication area dilakukan setelah menemukan node acuan dan node acuan bukan node tujuan. Pertama melakukan perhitungan jarak antara node sender dengan node acuan yang disimpan dalam variable dSB. Selain itu juga melakukan perhitungan jarak antara node acuan dengan node tujuan yang disimpan dalam variable dBD. Nilai dSB dan dBD tersebut digunakan untuk melakukan perhitungan dmax. Persamaan dmax terdapat dalam persamaan 2.3.

Setelah mendapatkan jari-jari lingkaran, langkah selanjutnya adalah mencari node-node yang berada pada area perpotongan dua lingkaran. Node-node tersebut adalah node-node tetangga yang berada dalam area lingkaran besar. Hal tersebut dapat dilakukan dengan persamaan lingkaran, untuk mengetahui apakah suatu titik berada di dalam atau tepat pada lingkaran. Suatu titik  $P(x,y)$  berada di dalam lingkaran  $L$  dengan titik pusat  $(a,b)$  dan jari-jari  $r$ , jika dan hanya jika  $(x - a)^2 + (y - b)^2$  kurang dari  $r^2$ . Suatu titik  $P(x,y)$  tepat berada pada lingkaran  $L$  dengan titik pusat  $(a,b)$  dan jari-jari  $r$ , jika dan hanya jika  $(x - a)^2 + (y - b)^2$  sama dengan  $r^2$ .

Jika node memenuhi persyaratan tersebut, dilakukan perhitungan jarak terhadap node tujuan saat  $t1$  dan  $t2$ , juga perhitungan selisih kecepatan atau rata-rata kecepatan node terhadap node pengirim. Node-node yang memenuhi persyaratan dimasukkan ke dalam struct allowednode. Implementasi pencarian node di optimum communication area dapat dilihat pada Lampiran A.11.

### **3.4.7 Implementasi Sorting Berdasarkan Kecepatan**

Setelah mendapatkan node-node yang berada pada optimum communication area, dimana informasi tersebut dimasukkan ke dalam struct allowednode. Selanjutnya dilakukan pengurutan pada struct tersebut berdasarkan nilai selisih kecepatan dari yang kecil ke besar. Pengurutan dilakukan dengan metode bubblesort. Implementasi kode program sorting dapat dilihat pada Lampiran A.12.

### **3.4.8 Implementasi Seleksi Berdasarkan Jarak Terhadap Node Tujuan**

Setelah struct allowednode diurutkan berdasarkan kecepatan, langkah selanjutnya adalah seleksi node yang mendekati node tujuan. Dalam hal ini dipilih node yang nilai  $dt_2$  kurang dari atau sama dengan  $dt_1$ . Jika tidak ada node yang memenuhi syarat tersebut, maka dipilih node yang memiliki selisih kecepatan terkecil. Implementasi kode program seleksi berdasarkan jarak terhadap node tujuan dapat dilihat pada Lampiran A.13.

### 3.4.9 Implementasi Simulasi NS-2

Simulasi VANET pada NS-2 dilakukan dengan menggabungkan file skenario yang telah dibuat menggunakan SUMO dan file skrip tcl yang berisikan konfigurasi lingkungan simulasi. Parameter dalam simulasi ditunjukkan dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Parameter Simulasi

| Parameter               | Spesifikasi                   |
|-------------------------|-------------------------------|
| <i>Routing Protocol</i> | GPSR, GPSR yang di modifikasi |
| <i>Mac Protocol</i>     | IEEE 802.11                   |
| Area Simulasi           | 1100 m x 1100 m               |
| Jumlah Kendaraan        | 30, 50, 70, 90                |
| Radius Transmisi        | 250 m                         |
| Kecepatan Maksimal      | 5, 10, 15, 20, 25 m/s         |
| Agen                    | CBR (Constant Bit Rate)       |
| Ukuran Paket            | 512 Bytes                     |
| <i>Packet rate</i>      | 2 kB/s                        |

### 3.5 Pra Uji Coba

Sebelum melakukan uji coba terhadap metode yang diusulkan, akan dilakukan pra uji coba. Tujuan dari pra uji coba adalah mengetahui perbedaan dari metode yang menggunakan kecepatan real time dan rata-rata geometrik kecepatan. Selain itu uji coba juga bertujuan untuk mengetahui nilai  $\lambda$  yang cocok dengan scenario simulasi yang digunakan.

#### 3.5.1 Uji Coba Kecepatan Real Time dan Rata-rata Geometrik Kecepatan

Dalam uji coba ini, nilai kecepatan real time dan rata-rata geometrik kecepatan akan digunakan sebagai faktor pemilihan forwarding node. Uji coba dilakukan menggunakan metode yang diusulkan dengan nilai kecepatan real time

dan nilai rata-rata geometrik kecepatan. Nilai  $\lambda$  yang digunakan adalah 0.3. Simulasi akan menggunakan skenario grid. Setelah dilakukan simulasi, akan di evaluasi menggunakan metrik evaluasi.

### **3.5.2 Uji Coba Nilai $\lambda$**

Uji coba ini bertujuan untuk memilih nilai  $\lambda$  yang baik digunakan dalam simulasi ini. Variasi nilai  $\lambda$  yang diujicoba adalah 0.5, 0.4, 0.3, 0.2, dan 0.1. Simulasi akan menggunakan skenario grid. Setelah dilakukan simulasi, akan di evaluasi menggunakan metrik evaluasi. Nilai  $\lambda$  yang dipilih adalah  $\lambda$  yang menghasilkan rata-rata packet delivery ratio yang baik. Hasil dan pembahasan pra uji coba  $\lambda$  akan di jabarkan pada sub bab pengujian.

### **3.5.3 Uji Coba Beacon Interval**

Uji coba ini digunakan untuk menentukan interval beacon message yang tepat. Variasi interval yang digunakan adalah 1, 5 dan 10 detik. Beacon interval yang tepat akan digunakan dalam skenario pengujian. Hasil dan pembahasan pra uji coba beacon interval akan di jabarkan pada sub bab pengujian.

## **3.6 Pengujian**

Untuk melakukan pengujian dibutuhkan sebuah file OTcl yang berisi deskripsi dari lingkungan simulasi untuk simulasi VANET pada perangkat lunak NS-2.35. File tersebut berisikan pengaturan untuk setiap node dan beberapa event yang perlu diatur agar berjalan. Pada setiap scenario lingkungan simulasi, akan digenerate scenario mobilitas sebanyak 10 kali. Pengujian menggunakan protokol GPSR konvensional dan GPSR yang telah dimodifikasi.

## **3.7 Analisa Hasil**

Analisa hasil dilakukan dengan mengolah hasil trace file simulasi menggunakan script awk, dimana matriks yang digunakan adalah sebagai berikut:

### **3.7.1 Packet Delivery Ratio (PDR)**

*Packet delivery ratio* merupakan perbandingan antara jumlah paket yang diterima dengan jumlah paket yang dikirimkan. *Packet delivery ratio* dihitung dengan persamaan 3.2, dimana nilai PDR dinyatakan dalam bentuk persentase. *Packet delivery ratio* dapat berarti menunjukkan keberhasilan paket yang

dikirimkan. Semakin tinggi *packet delivery ratio*, artinya semakin berhasil pengiriman paket yang dilakukan.

$$PDR = \frac{received}{sent} \times 100 \quad (3.2)$$

Keterangan :

PDR : *Packet Delivery Ratio*  
*received* : Banyak paket yang diterima  
*sent* : Banyak paket yang dikirim

Penghitungan nilai PDR dilakukan menggunakan AWK. Kode penghitungan PDR menggunakan AWK dapat dilihat pada lampiran A.15.

### 3.7.2 *End to end Delay (E2D)*

Rata-rata *End to end delay* merupakan rata-rata dari *delay* atau waktu yang dibutuhkan tiap paket untuk sampai ke *node* tujuan dalam satuan detik. *Delay* tiap paket didapatkan dari rentang waktu antara *node* asal mengirimkan paket dan *node* tujuan menerima paket. Dari *delay* tiap paket tersebut semua dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah paket yang berhasil diterima, maka akan didapatkan rata-rata *end to end delay*, yang dapat dihitung dengan persamaan 3.3.

$$E2D = \frac{\sum_{i=0}^{i=sent} (t_{received[i]} - t_{sent[i]})}{sent} \quad (3.3)$$

Keterangan:

E2D : Rata-rata *End to end delay* (ms)  
i : Urutan/ id paket ke-i  
*t<sub>received</sub>* : Waktu paket diterima (ms)  
*t<sub>sent</sub>* : Waktu paket dikirim (ms)  
sent : Jumlah paket data yang dikirim

Penghitungan nilai E2D dilakukan menggunakan AWK. Kode penghitungan E2D menggunakan AWK dapat dilihat pada lampiran A.18.

### 3.7.3 *Routing Overhead (RO)*

*Routing overhead* adalah jumlah paket kontrol *routing* yang ditransmisikan per data paket yang terkirim ke tujuan selama simulasi terjadi. RO dihitung berdasarkan jumlah paket *routing* yang ditransmisikan. Baris yang mengandung *routing overhead* pada *trace file* ditandai dengan paket yang bertipe *send* (s) / *forward* (f) dan terdapat *header* paket dari protokol GPSR. Perhitungan *routing overhead* dapat dilihat dengan persamaan 3.3.

$$RO = sentRTR + forwardedRTR \quad (3.3)$$

Keterangan :

RO : *Routing Overhead*  
sentRTR : Jumlah paket *routing* yang dikirim  
forwardedRTR : Jumlah paket *routing* yang diteruskan

Penghitungan nilai RO dilakukan menggunakan AWK. Kode penghitungan RO menggunakan AWK dapat dilihat pada lampiran A.19.

### 3.7.4 *Lifetime Route*

*Lifetime route* adalah jumlah transmisi paket yang sukses terkirim menggunakan rute yang sama. Penghitungan *lifetime route* menggunakan *log route path*. File log tersebut akan dianalisa menggunakan AWK. Penghitungan nilai *lifetime route* dilakukan menggunakan AWK. Kode penghitungan *lifetime route* menggunakan AWK dapat dilihat pada lampiran A.20.

## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini membahas mengenai hasil analisa dan evaluasi. Penjelasan lebih detail akan dijabarkan dalam subbab berikut.

#### **4.1 Lingkungan Uji Coba**

Uji coba dilakukan menggunakan perangkat lunak:

1. SUMO versi 1.4.0 untuk pembuatan skenario mobilitas baik peta grid maupun peta real pada VANETs.
2. JOSM versi 15553 untuk penyuntingan peta kota yang didapatkan dari OpenStreetMap.
3. Network Simulator versi 2.35 dengan gcc versi 5.4 untuk melakukan simulasi routing protokol pada peta yang telah dibuat oleh SUMO.
4. Visual Studio Code versi 1.40 sebagai editor kode dalam proses perancangan algoritma.

Sedangkan perangkat keras yang digunakan memiliki spesifikasi:

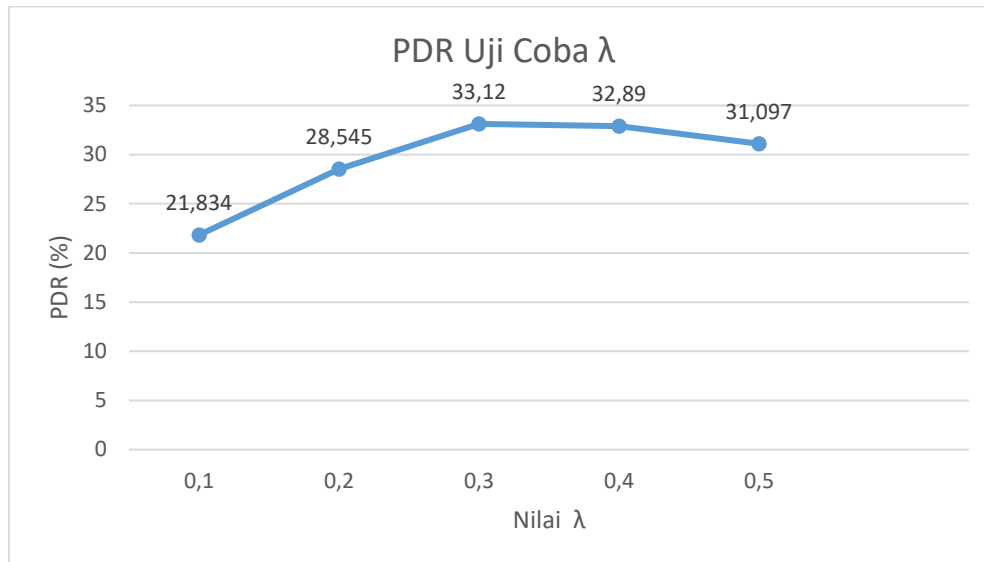
1. Laptop dengan spesifikasi:
  - a. Prosesor Intel Core I7 Gen 8
  - b. Memori sebesar 8GB
  - c. Penyimpanan sebesar 100 GB
2. Sistem Operasi yang digunakan adalah linux ubuntu versi 18.04

#### **4.2 Hasil Pra Uji Coba**

##### **4.2.1 Hasil Uji Coba Nilai $\lambda$**

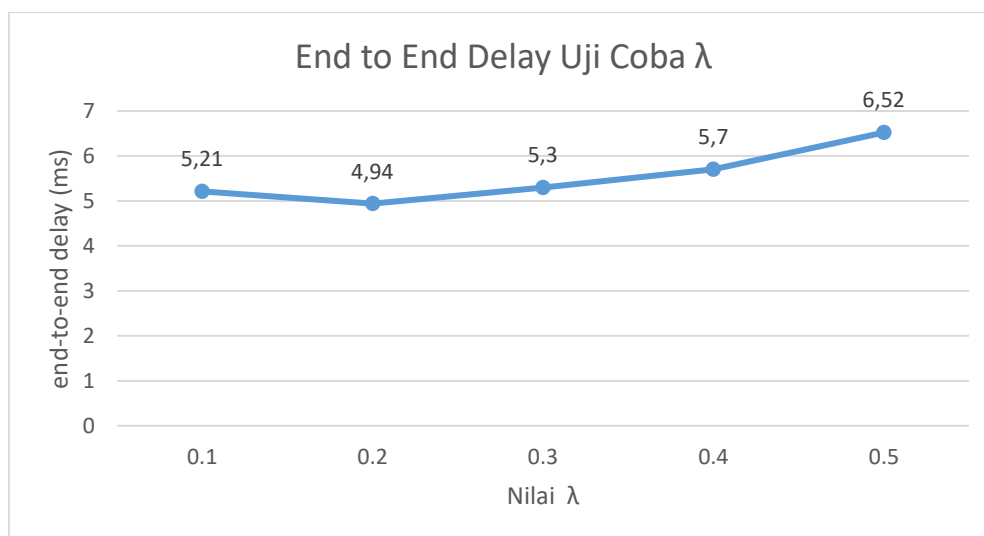
Pengujian  $\lambda$  digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk memilih nilai  $\lambda$  yang sesuai dengan skenario. Pengujian nilai  $\lambda$  dilakukan dengan menjalankan skenario grid menggunakan kecepatan maksimal 15 m/s, jumlah node 50 dan beacon interval 5 detik. Ukuran skenario grid 1100 m<sup>2</sup>, dengan mobilitas sama. Uji coba  $\lambda$  dilakukan dengan 10 skenario dari setiap variasi kecepatan. Hasil dari 10 skenario tersebut akan di rata-rata. Analisa PDR pada uji coba nilai  $\lambda$  dapat dilihat

pada Gambar 4.1. Dari gambar tersebut pada nilai  $\lambda$  0.3 berhasil mendapatkan nilai PDR tertinggi.



Gambar 4.1 PDR Uji Coba  $\lambda$

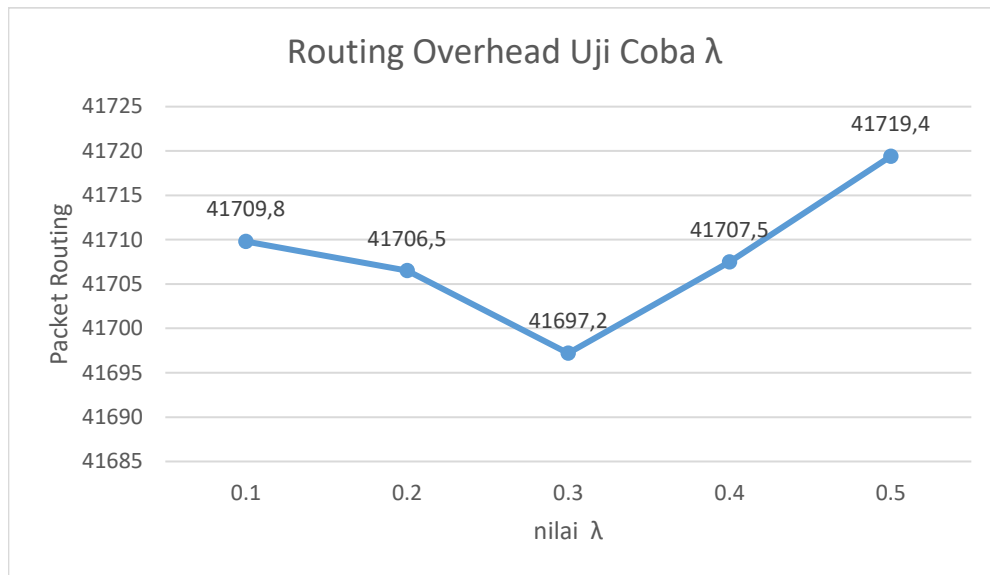
Hasil analisa nilai end to end delay pada uji coba  $\lambda$  dapat dilihat pada Gambar 4.2. Pada  $\lambda$  0.2 nilai end to end delay mengalami penurunan dibandingkan  $\lambda$  0.1. Lalu mengalami sedikit peningkatan delay saat  $\lambda$  0.3. Pada nilai  $\lambda$  0.4 dan 0.5 berturut-turut mengalami peningkatan.



Gambar 4.2 E2D Uji Coba  $\lambda$



Hasil analisa nilai routing overhead pada uji coba  $\lambda$  dapat dilihat pada Gambar 4.3. Pada gambar tersebut, terlihat bahwa pada  $\lambda$  0.3 memiliki rata-rata nilai routing overhead terkecil.



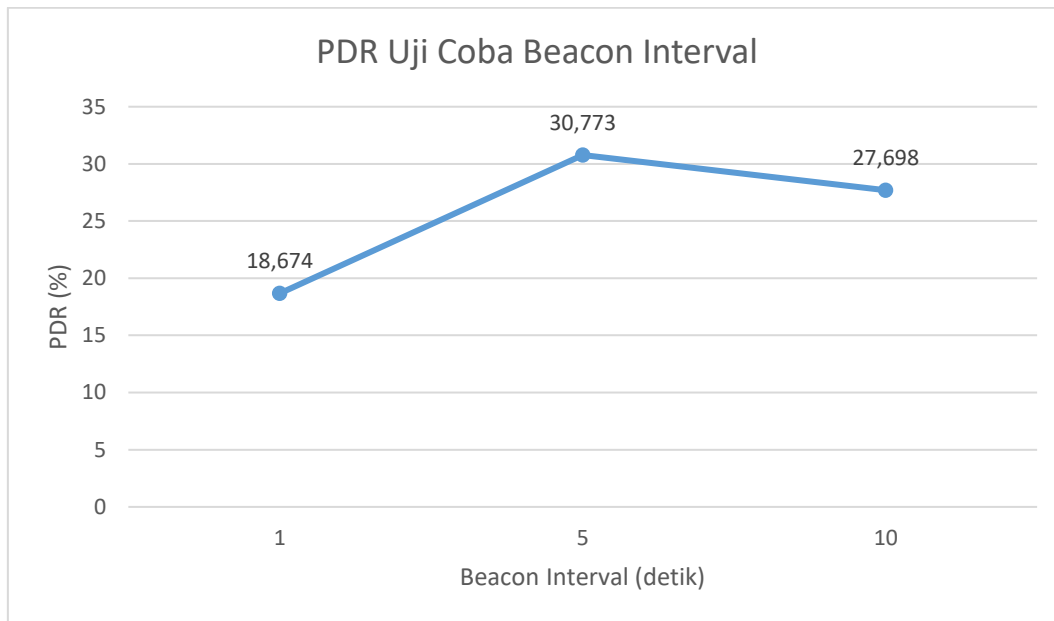
Gambar 4.3 Routing Overhead Uji Coba  $\lambda$

Berdasarkan uji coba tersebut, nilai  $\lambda$  yang akan diimplementasikan ke dalam metode adalah 0.3. Pada nilai  $\lambda$  0.3, memiliki nilai PDR tertinggi dibandingkan dengan nilai  $\lambda$  yang lain. Lalu pada nilai  $\lambda$  0.3, memiliki nilai routing overhead terkecil dibandingkan dengan yang lain. Selain itu, untuk nilai end-to-end delay berada pada posisi tengah, tidak rendah dan tidak tinggi. Oleh karena itu nilai  $\lambda$  yang akan diambil adalah 0.3.

#### 4.2.2 Hasil Uji Coba Beacon Interval

Pengujian beacon interval digunakan untuk mencari nilai beacon interval yang sesuai dengan skenario. Pengujian nilai beacon interval dilakukan dengan menjalankan skenario grid menggunakan kecepatan maksimal 15 m/s dan jumlah node 50. Ukuran skenario grid 1100m<sup>2</sup>.

Pengambilan keputusan pada uji coba beacon interval didasarkan pada evaluasi nilai PDR. Hasil analisa rata-rata nilai PDR pada skenario ditampilkan pada Gambar 4.4. Dari gambar tersebut interval 5 detik berhasil mendapatkan nilai PDR terbaik. Sehingga interval yang akan digunakan adalah 5 detik.



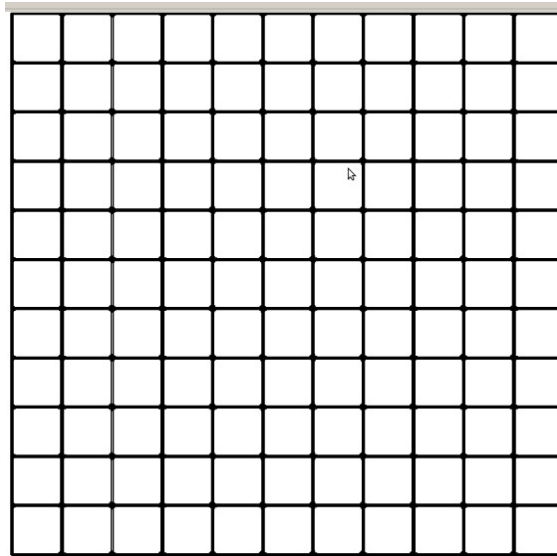
Gambar 4.4 Hasil Rata-rata PDR pada Uji Coba Beacon Interval

### 4.3 Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan menggunakan skenario grid dan skenario real. Analisis hasil pengujian dilakukan dengan membandingkan metode GPSR original, GPSR modifikasi menggunakan kecepatan realtime dan GPSR menggunakan modifikasi rata-rata kecepatan. Pada skenario grid analisa dilakukan pada ketiga metode tersebut dengan membandingkan kinerja ketiga metode tersebut terhadap perbedaan kecepatan maksimal dan penambahan jumlah node. Pengujian pada skenario real dilakukan pada 2 lingkungan berbeda, yaitu lingkungan perumahan dan lingkungan jalan protokol. Pengujian pada skenario real dilakukan dengan membandingkan kinerja 3 metode tersebut terhadap penambahan jumlah node. Analisa kinerja dilakukan dengan membandingkan Packet Delivery Ratio (PDR), End to End Delay (E2D) dan Routing Overhead (RO) pada ketiga metode tersebut.

#### 4.3.1 Uji Coba Skenario Grid

Pengujian pada skenario grid dilakukan menggunakan luas area  $1100\text{m}^2$ . Dengan variasi kecepatan 5, 10, 15, 20 dan 25 m/s dan variasi jumlah node 30, 50, 70 dan 90. Analisa akan dilakukan dengan membandingkan kinerja antara GPSR original, GPSR dengan modifikasi kecepatan rata-rata dan GPSR dengan kecepatan realtime terhadap perubahan kecepatan dan jumlah node.



Gambar 4.5 Peta Grid

#### 4.3.1.1 Analisa Hasil Terhadap Perubahan Kecepatan Maksimal

Analisa kinerja ketiga metode terhadap perbedaan kecepatan maksimal dilakukan dengan membandingkan PDR, E2D dan RO pada masing-masing metode di setiap perbedaan kecepatan maksimal. Kecepatan maksimal yang digunakan adalah 5 hingga 25 m/s dengan pertambahan 5 m/s setiap ujicoba nya. Dalam hal ini  $1 \text{ m/s} = 3.6 \text{ km/h}$ .

##### 4.3.1.1.1 Packet Delivery Ratio (PDR)

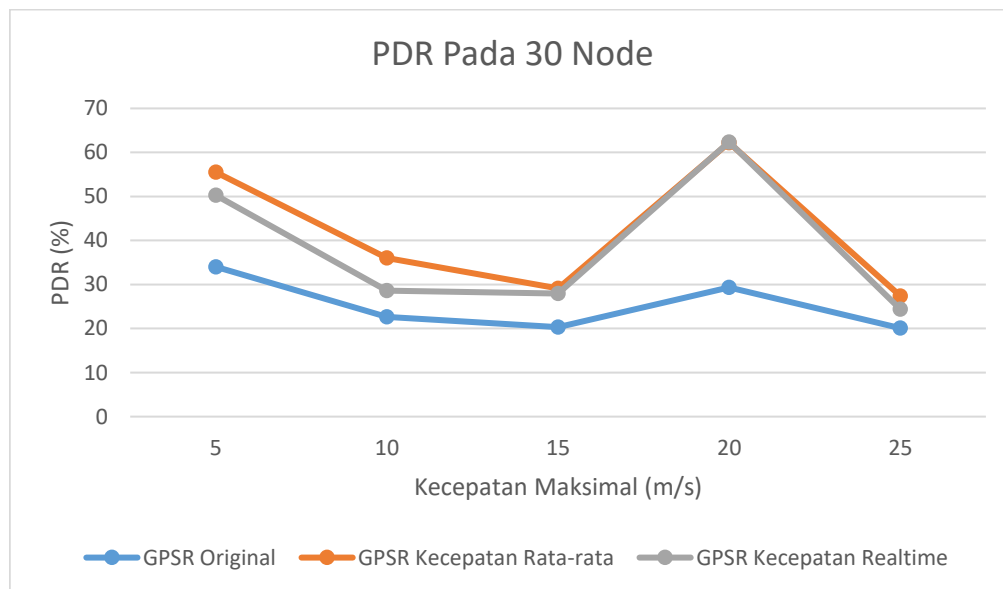
Dalam subbab ini dibahas hasil analisa nilai PDR pada skenario yang telah dibuat. PDR adalah persentase paket yang terkirim hingga ke tujuan.

Tabel 4.1 Tabel Data PDR Pada 30 Node

| Kecepatan Maksimal (m/s) | GPSR Original (%) | GPSR Kecepatan Rata-rata (%) | GPSR Kecepatan Realtime (%) |
|--------------------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 5                        | 34.02             | 55.54                        | 50.29                       |
| 10                       | 22.68             | 36.03                        | 28.64                       |
| 15                       | 20.29             | 29.11                        | 27.98                       |
| 20                       | 29.36             | 62.22                        | 62.37                       |
| 25                       | 20.09             | 27.41                        | 24.40                       |

Pada skenario dengan 30 node dilakukan analisa PDR pada setiap batas kecepatan maksimal 5,10,15,20 dan 25 m/s. Hasil analisa PDR pada skenario 30 node terhadap perbedaan batas kecepatan maksimal dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.6. Dapat terlihat dari gambar bahwa GPSR dengan metode yang diusulkan memiliki nilai PDR lebih baik dibandingkan dengan GPSR original.

Pada jumlah node 30 PDR terbaik didapat pada kecepatan maksimal 20 m/s dengan nilai PDR 62.37 % menggunakan metode GPSR kecepatan realtime. Namun GPSR dengan kecepatan rata-rata memiliki PDR lebih unggul pada skenario dengan kecepatan maksimal 5, 10, 15 dan 25 m/s. Pada skenario dengan kecepatan maksimal 20 m/s GPSR dengan kecepatan rata-rata hanya selisih 0.15 % dari GPSR dengan kecepatan realtime.



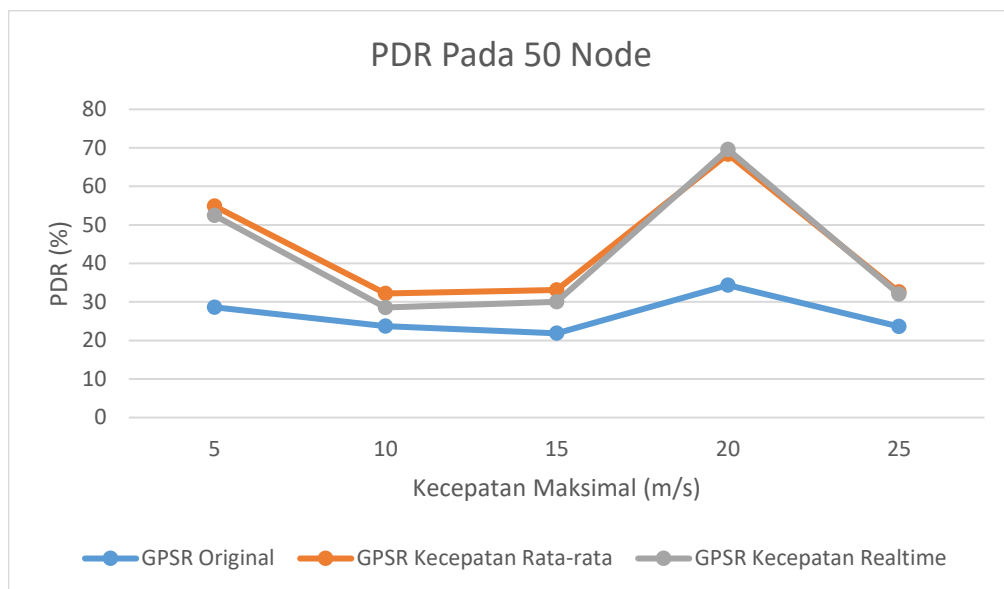
Gambar 4.6 Evaluasi PDR 30 Node

Pada skenario dengan 50 node dilakukan analisa PDR pada setiap batas kecepatan maksimal 5,10,15,20 dan 25 m/s. Hasil analisa PDR pada skenario 50 node terhadap perbedaan batas kecepatan maksimal dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.7. Dapat terlihat dari gambar bahwa GPSR dengan metode yang diusulkan memiliki nilai PDR lebih baik dibandingkan dengan GPSR original.

Tabel 4.2 Tabel Data PDR Pada 50 Node

| Kecepatan<br>Maksimal (m/s) | GPSR Original<br>(%) | GPSR Kecepatan<br>Rata-rata (%) | GPSR Kecepatan<br>Realtime (%) |
|-----------------------------|----------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 5                           | 28.63                | 54.85                           | 52.51                          |
| 10                          | 23.76                | 32.21                           | 28.57                          |
| 15                          | 21.86                | 33.12                           | 30.06                          |
| 20                          | 34.37                | 68.38                           | 69.59                          |
| 25                          | 23.64                | 32.60                           | 32.03                          |

Terlihat dari Tabel 4.2 dan Gambar 4.7, hasil evaluasi PDR pada 50 node hampir sama dengan skenario pada 30 node. Pada evaluasi skenario 50 node, PDR terbaik didapat pada kecepatan maksimal 20 m/s dengan nilai PDR 69.59 % menggunakan metode GPSR kecepatan realtime. Namun GPSR dengan kecepatan rata-rata memiliki PDR lebih unggul pada skenario dengan kecepatan maksimal 5, 10, 15 dan 25 m/s. Pada skenario dengan kecepatan maksimal 20 m/s GPSR dengan kecepatan rata-rata hanya selisih 0.21 % dari GPSR dengan kecepatan realtime.

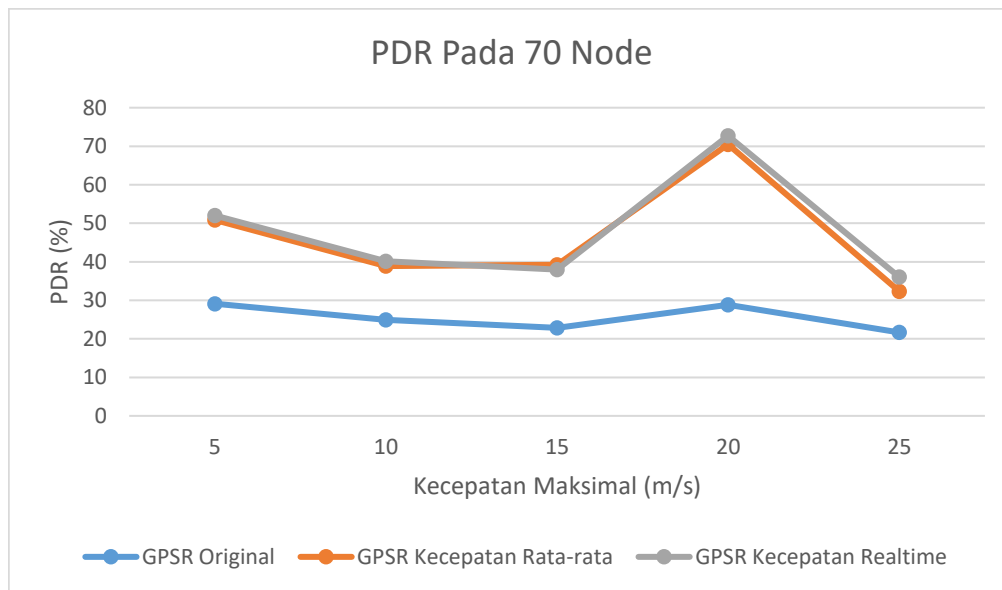


Gambar 4.7 Evaluasi PDR 50 Node

Tabel 4.3 Tabel Data PDR Pada 70 Node

| Kecepatan<br>Maksimal (m/s) | GPSR Original<br>(%) | GPSR Kecepatan<br>Rata-rata (%) | GPSR Kecepatan<br>Realtime (%) |
|-----------------------------|----------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 5                           | 29.12                | 50.89                           | 51.98                          |
| 10                          | 24.93                | 38.89                           | 40.17                          |
| 15                          | 22.86                | 39.26                           | 37.94                          |
| 20                          | 28.86                | 70.47                           | 72.70                          |
| 25                          | 21.66                | 32.34                           | 36.03                          |

Pada skenario dengan 70 node dilakukan analisa PDR pada setiap batas kecepatan maksimal 5,10,15,20 dan 25 m/s. Hasil analisa PDR pada skenario 70 node terhadap perbedaan batas kecepatan maksimal dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.8. Dapat terlihat dari gambar bahwa GPSR dengan metode yang diusulkan memiliki nilai PDR lebih baik dibandingkan dengan GPSR original.



Gambar 4.8 Evaluasi PDR 70 Node

Pada evaluasi skenario 70 node, PDR terbaik didapat pada kecepatan maksimal 20 m/s dengan nilai PDR 72.70 % menggunakan metode GPSR kecepatan realtime. Selain itu GPSR dengan kecepatan realtime unggul dari segi PDR pada skenario dengan kecepatan 5, 10 dan 25 m/s. Sedangkan GPSR dengan kecepatan rata-rata, hanya unggul pada skenario dengan kecepatan maksimal 15

m/s. Selisih hasil PDR terbesar dari GPSR dengan kecepatan rata-rata dan GPSR dengan kecepatan realtime adalah 3.69 % pada skenario dengan kecepatan maksimal 25 m/s.

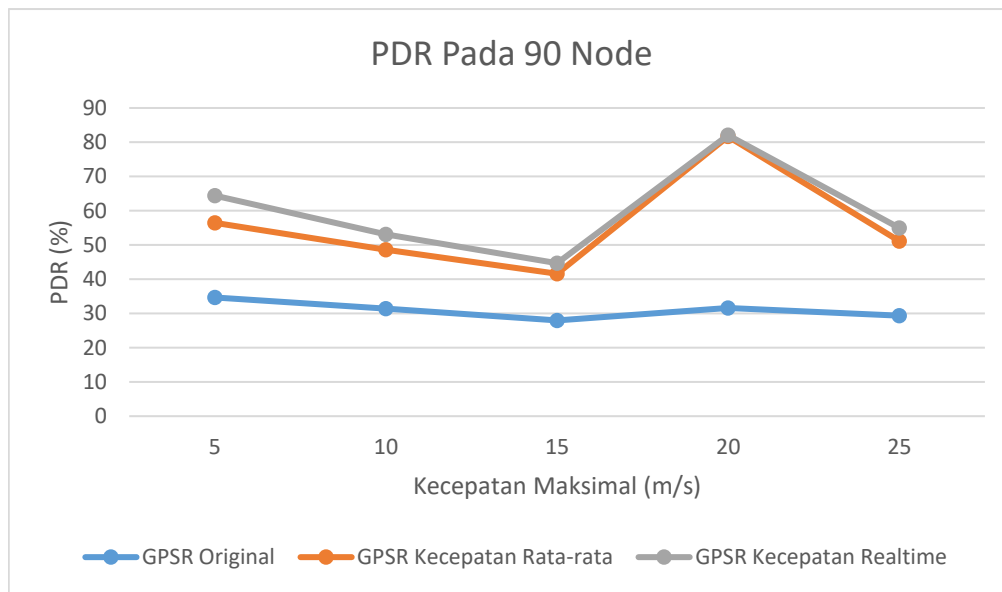
Pada skenario dengan 90 node dilakukan analisa PDR pada setiap batas kecepatan maksimal 5,10,15,20 dan 25 m/s. Hasil analisa PDR pada skenario 90 node terhadap perbedaan batas kecepatan maksimal dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.9.

Pada evaluasi skenario 90 node, PDR terbaik didapat pada kecepatan maksimal 20 m/s dengan nilai PDR 82.06 % menggunakan metode GPSR kecepatan realtime. Pada skenario 90 node ini, GPSR dengan unggul dari segi rata-rata PDR pada semua skenario.

Meskipun GPSR dengan kecepatan rata-rata berada dibawah GPSR dengan kecepatan realtime, namun selisih nilai PDR tidak terlalu jauh. Pada skenario dengan kecepatan maksimal 5 m/s, memiliki selisih 7,94 %. Pada skenario dengan kecepatan maksimal 10 m/s, memiliki selisih 4,48 %. Pada skenario dengan kecepatan maksimal 15 m/s, memiliki selisih 3,09 %. Pada skenario dengan kecepatan maksimal 20 m/s, memiliki selisih 0,38 %. Pada skenario dengan kecepatan maksimal 25 m/s, memiliki selisih 3,84 %.

Tabel 4.4 Tabel Data PDR Pada 90 Node

| Kecepatan Maksimal (m/s) | GPSR Original (%) | GPSR Kecepatan Rata-rata (%) | GPSR Kecepatan Realtime (%) |
|--------------------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 5                        | 34.67             | 56.49                        | 64.43                       |
| 10                       | 31.38             | 48.60                        | 53.08                       |
| 15                       | 27.97             | 41.59                        | 44.68                       |
| 20                       | 31.63             | 81.68                        | 82.06                       |
| 25                       | 29.36             | 51.13                        | 54.97                       |



Gambar 4.9 Evaluasi PDR 90 Node

#### 4.3.1.1.2 End to End Delay (E2D)

Dalam subbab ini dibahas hasil analisa nilai E2D pada skenario yang telah dibuat. E2D adalah rata-rata waktu yang dibutuhkan setiap transmisi paket. Pada uji coba ini, setiap skenario dibuat 10 kali, lalu di evaluasi nilai E2D dan dirata-rata.

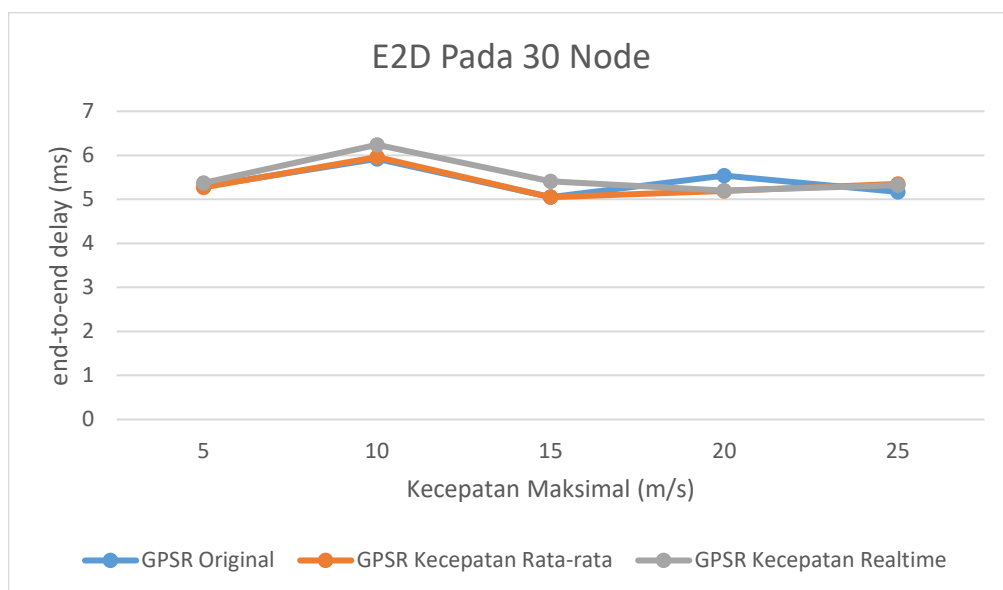
Tabel 4.5 Tabel Data E2D Pada 30 Node

| Kecepatan Maksimal (m/s) | GPSR Original (ms) | GPSR Kecepatan Rata-rata (ms) | GPSR Kecepatan Realtime (ms) |
|--------------------------|--------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 5                        | 5.29               | 5.27                          | 5.37                         |
| 10                       | 5.92               | 5.96                          | 6.24                         |
| 15                       | 5.05               | 5.05                          | 5.41                         |
| 20                       | 5.54               | 5.19                          | 5.20                         |
| 25                       | 5.17               | 5.35                          | 5.32                         |

Pada skenario dengan 30 node dilakukan analisa E2D pada setiap batas kecepatan maksimal 5,10,15,20 dan 25 m/s. Hasil analisa E2D pada skenario 30 node terhadap perbedaan batas kecepatan maksimal dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.10.



Nilai rata-rata end-to-end delay pada skenario 30 memiliki nilai yang hampir sama. Skenario dengan nilai delay terendah adalah skenario kecepatan maksimal 15 m/s yaitu 5.05 ms, menggunakan metode GPSR original dan GPSR dengan kecepatan rata-rata. Sedangkan skenario dengan nilai delay paling tinggi yaitu skenario dengan kecepatan 10 m/s menggunakan metode GPSR dengan kecepatan realtime yaitu 6.24 ms.



Gambar 4.10 Evaluasi E2D 30 Node

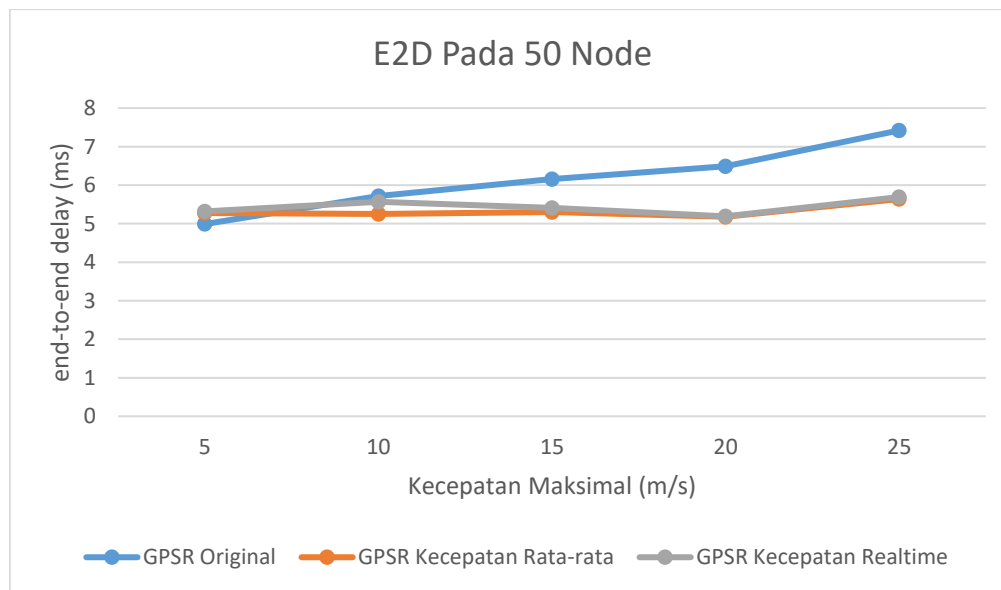
Pada skenario dengan 50 node dilakukan analisa E2D pada setiap batas kecepatan maksimal 5,10,15,20 dan 25 m/s. Hasil analisa E2D pada skenario 50 node terhadap perbedaan batas kecepatan maksimal dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Gambar 4.11.

Tabel 4.6 Tabel Data E2D Pada 50 Node

| Kecepatan Maksimal (m/s) | GPSR Original (ms) | GPSR Kecepatan Rata-rata (ms) | GPSR Kecepatan Realtime (ms) |
|--------------------------|--------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 5                        | 4.99               | 5.28                          | 5.32                         |
| 10                       | 5.72               | 5.25                          | 5.57                         |
| 15                       | 6.16               | 5.30                          | 5.41                         |
| 20                       | 6.49               | 5.18                          | 5.19                         |
| 25                       | 7.42               | 5.64                          | 5.69                         |

Nilai rata-rata end-to-end delay pada skenario 50, terlihat bahwa delay pada GPSR original semakin naik seiring dengan meningkatnya kecepatan. Hal tersebut mungkin terjadi karena node yang dipilih menjadi nexthop tidak stabil, keluar dari radius transmisi, sehingga harus dilakukan pencarian nexthop ulang. Skenario dengan nilai delay terendah adalah skenario kecepatan maksimal 5 m/s yaitu 4.99 ms, menggunakan metode GPSR original. Sedangkan skenario dengan nilai delay paling tinggi yaitu skenario dengan kecepatan 25 m/s menggunakan metode GPSR original yaitu 7.42 ms.

Mulai skenario dengan kecepatan 10 m/s hingga 25 m/s, secara berturut-turut nilai delay GPSR dengan kecepatan rata-rata selalu lebih rendah dibandingkan dengan GPSR original. Sedangkan apabila dibandingkan dengan GPSR dengan kecepatan realtime, kecepatan rata-rata memiliki selisih yang sedikit. Namun GPSR dengan kecepatan rata-rata selalu lebih baik dibandingkan dengan GPSR dengan kecepatan realtime, jika dilihat dari segi delay.



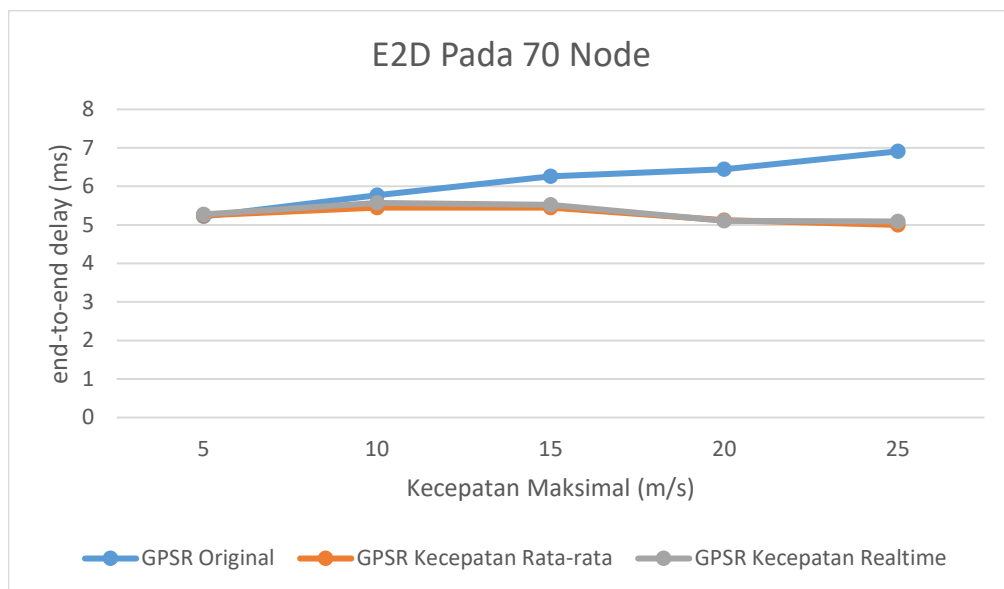
Gambar 4.11 Evaluasi E2D 50 Node

Pada skenario dengan 70 node dilakukan analisa E2D pada setiap batas kecepatan maksimal 5,10,15,20 dan 25 m/s. Hasil analisa E2D pada skenario 70 node terhadap perbedaan batas kecepatan maksimal dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Gambar 4.12.

Tabel 4.7 Tabel Data E2D Pada 70 Node

| Kecepatan<br>Maksimal (m/s) | GPSR Original<br>(ms) | GPSR Kecepatan<br>Rata-rata (ms) | GPSR Kecepatan<br>Realtime (ms) |
|-----------------------------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 5                           | 5.22                  | 5.25                             | 5.27                            |
| 10                          | 5.77                  | 5.45                             | 5.57                            |
| 15                          | 6.26                  | 5.45                             | 5.52                            |
| 20                          | 6.44                  | 5.12                             | 5.11                            |
| 25                          | 6.91                  | 5.00                             | 5.09                            |

Nilai rata-rata end-to-end delay pada skenario 70, terlihat bahwa delay pada GPSR original semakin naik seiring dengan meningkatnya kecepatan. Hal tersebut mungkin terjadi karena node yang dipilih menjadi nexthop tidak stabil, keluar dari radius transmisi, sehingga harus dilakukan pencarian nexthop ulang. Skenario dengan nilai delay terendah adalah skenario kecepatan maksimal 25 m/s yaitu 5 ms, menggunakan metode GPSR dengan kecepatan rata-rata. Sedangkan skenario dengan nilai delay paling tinggi yaitu skenario dengan kecepatan 25 m/s menggunakan metode GPSR original yaitu 6.91 ms.



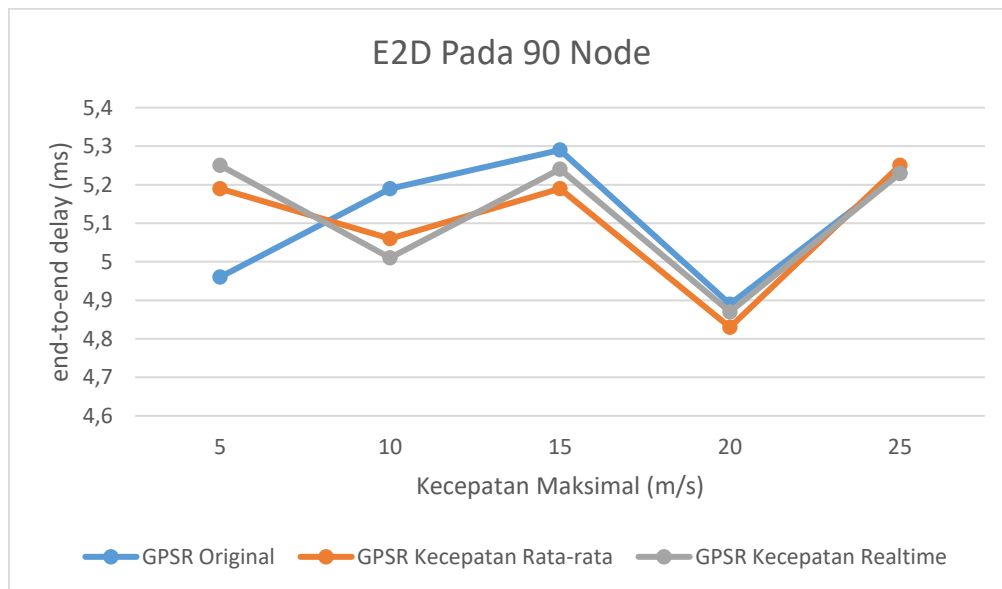
Gambar 4.12 Evaluasi E2D 70 Node

Mulai skenario dengan kecepatan 10 m/s hingga 25 m/s, secara berturut-turut nilai delay GPSR dengan kecepatan rata-rata selalu lebih rendah dibandingkan

Tabel 4.8 Tabel Data E2D Pada 90 Node

| Kecepatan<br>Maksimal (m/s) | GPSR Original<br>(ms) | GPSR Kecepatan<br>Rata-rata (ms) | GPSR Kecepatan<br>Realtime (ms) |
|-----------------------------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 5                           | 4.96                  | 5.19                             | 5.25                            |
| 10                          | 5.19                  | 5.06                             | 5.01                            |
| 15                          | 5.29                  | 5.19                             | 5.24                            |
| 20                          | 4.89                  | 4.83                             | 4.87                            |
| 25                          | 5.23                  | 5.25                             | 5.23                            |

dengan GPSR original. Sedangkan apabila dibandingkan dengan GPSR dengan kecepatan realtime, kecepatan rata-rata memiliki selisih yang sedikit. GPSR dengan kecepatan rata-rata selalu memiliki nilai delay lebih rendah dibandingkan dengan GPSR dengan kecepatan realtime, kecuali pada skenario dengan kecepatan 20 ms, yang hanya selisih 0.01. Jadi dapat disimpulkan bahwa pada skenario 70 node, GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih baik dibandingkan GPSR dengan kecepatan realtime dari segi delay.



Gambar 4.13 Evaluasi E2D 90 Node

Pada skenario dengan 90 node dilakukan analisa E2D pada setiap batas kecepatan maksimal 5,10,15,20 dan 25 m/s. Hasil analisa E2D pada skenario 90

node terhadap perbedaan batas kecepatan maksimal dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.13.

Skenario dengan nilai delay terendah adalah skenario kecepatan maksimal 20 m/s yaitu 4.83 ms, menggunakan metode GPSR dengan kecepatan rata-rata. Sedangkan skenario dengan nilai delay paling tinggi yaitu skenario dengan kecepatan 15 m/s menggunakan metode GPSR original yaitu 5.29 ms.

Pada skenario 90 ini, nilai delay pada GPSR original lebih tinggi dibandingkan dengan GPSR dengan kecepatan rata-rata dan GPSR dengan kecepatan realtime, kecuali pada skenario dengan kecepatan 5 m/s dan 25 m/s.

#### **4.3.1.1.3 Routing Overhead (RO)**

Hasil evaluasi ketiga metode terhadap kinerja RO terhadap semua variasi nilai kecepatan maksimal menunjukkan nilai yang hampir sama, hanya memiliki nilai selisih yang sedikit. Nilai rata-rata routing overhead pada pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.9. Routing overhead merupakan banyaknya paket routing selama simulasi menggunakan 1 skenario tersebut. Semakin banyak jumlah node, semakin banyak jumlah routing overhead.

Tabel 4.9 Hasil Evaluasi Routing Overhead Grid

| Jumlah Node | Metode                 | Kecepatan |        |        |        |        |
|-------------|------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|
|             |                        | 5         | 10     | 15     | 20     | 25     |
| 30          | GPSR original          | 16261     | 15329  | 15457  | 17279  | 15560  |
|             | GPSR Kec.<br>Rata-rata | 16249     | 15331  | 15466  | 17281  | 15557  |
|             | GPSR Kec.<br>Realtime  | 16241     | 15340  | 15462  | 17288  | 15561  |
| 50          | GPSR original          | 44185     | 39574  | 41710  | 42659  | 39978  |
|             | GPSR Kec.<br>Rata-rata | 44205     | 39567  | 41697  | 42635  | 39978  |
|             | GPSR Kec.<br>Realtime  | 44192     | 39568  | 41705  | 42651  | 40001  |
| 70          | GPSR original          | 82971     | 78530  | 78781  | 80904  | 78187  |
|             | GPSR Kec.<br>Rata-rata | 82929     | 78538  | 78798  | 80910  | 78212  |
|             | GPSR Kec.<br>Realtime  | 82956     | 78548  | 78795  | 80909  | 78251  |
| 90          | GPSR original          | 133976    | 129149 | 123653 | 134016 | 127176 |
|             | GPSR Kec.<br>Rata-rata | 134027    | 129222 | 123731 | 134014 | 127231 |
|             | GPSR Kec.<br>Realtime  | 134013    | 129182 | 123692 | 134074 | 127285 |

#### 4.3.1.2 Analisa Hasil Terhadap Perubahan Jumlah Node

Analisa kinerja ketiga metode terhadap perubahan jumlah node dilakukan dengan membandingkan PDR, E2D dan RO pada masing-masing metode di setiap pertambahan jumlah node. Hal ini dilakukan untuk melihat efek dari banyaknya node. Hasil analisa PDR, E2D dan RO dijabarkan dalam subbab dibawah ini.

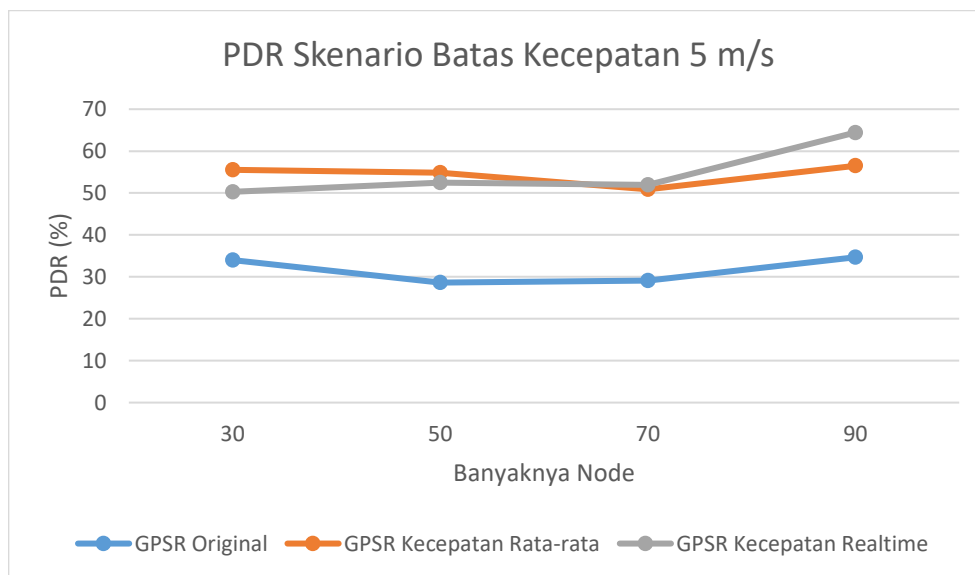
#### 4.3.1.2.1 Packet Delivery Ratio (PDR)

Dalam subbab ini dibahas hasil analisa nilai PDR pada skenario yang telah dibuat. PDR adalah persentase paket yang terkirim hingga ke tujuan.

Tabel 4.10 Data PDR pada Skenario Batas Kecepatan 5 m/s

| Jumlah Node | GPSR Original (%) | GPSR Kecepatan Rata-rata (%) | GPSR Kecepatan Realtime (%) |
|-------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 30          | 34.02             | 55.54                        | 50.29                       |
| 50          | 28.63             | 54.85                        | 52.51                       |
| 70          | 29.12             | 50.89                        | 51.98                       |
| 90          | 34.67             | 56.49                        | 64.43                       |

Pada skenario dengan batas kecepatan maksimal 5 m/s dilakukan analisa PDR terhadap pertambahan jumlah node. Hasil analisa PDR pada skenario dengan batas kecepatan maksimal 5 m/s dapat dilihat pada Tabel 4.10 dan Gambar 4.14. Dapat terlihat dari gambar bahwa GPSR dengan metode yang diusulkan memiliki nilai PDR lebih baik dibandingkan dengan GPSR original.



Gambar 4.14 Evaluasi PDR Batas Kecepatan 5 m/s

Pada uji coba skenario dengan kecepatan 5 m/s, PDR tertinggi didapatkan oleh GPSR dengan kecepatan realtime dengan jumlah node 90 dengan nilai 64.43%. GPSR dengan rata-rata kecepatan mendapatkan nilai tertinggi saat jumlah node 30

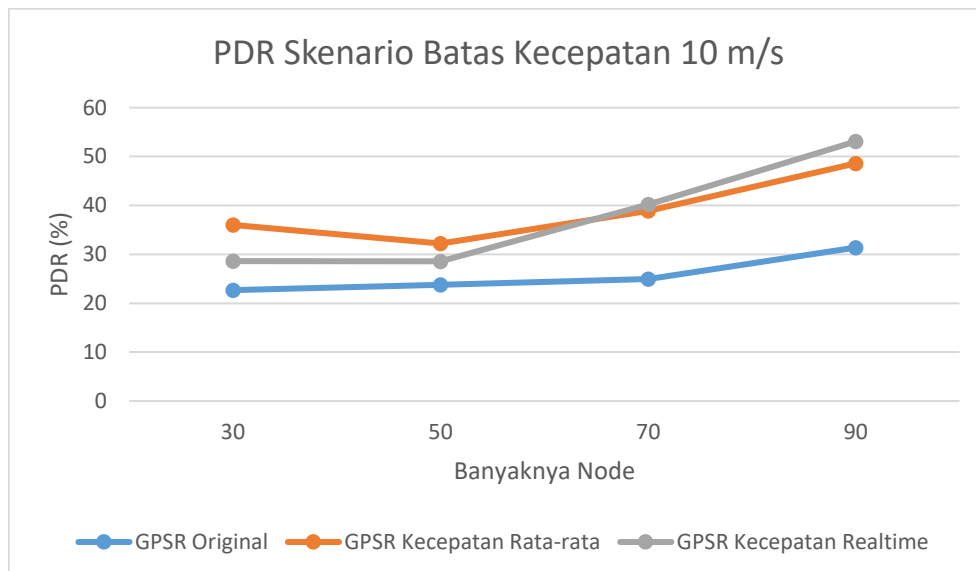
dan 50. Pada saat jumlah node 70, nilai PDR GPSR dengan kecepatan rata-rata hampir sama dengan GPSR dengan kecepatan realtime, selisihnya adalah 1.09.

Berdasarkan pada Gambar 4.14 terlihat bahwa PDR meningkat pada skenario dengan jumlah node 90. Pada GPSR dengan kecepatan rata-rata, PDR naik 5.6% dari skenario dengan 70 node.

Tabel 4.11 Data PDR pada Skenario Batas Kecepatan 10 m/s

| Jumlah Node | GPSR Original (%) | GPSR Kecepatan Rata-rata (%) | GPSR Kecepatan Realtime (%) |
|-------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 30          | 22.68             | 36.03                        | 28.64                       |
| 50          | 23.76             | 32.21                        | 28.57                       |
| 70          | 24.93             | 38.89                        | 40.17                       |
| 90          | 31.38             | 48.60                        | 53.08                       |

Pada skenario dengan batas kecepatan maksimal 10 m/s dilakukan analisa PDR terhadap pertambahan jumlah node. Hasil analisa PDR pada skenario dengan batas kecepatan maksimal 10 m/s dapat dilihat pada Tabel 4.11 dan Gambar 4.15. Dapat terlihat dari gambar bahwa GPSR dengan metode yang diusulkan memiliki nilai PDR lebih baik dibandingkan dengan GPSR original.



Gambar 4.15 Evaluasi PDR Batas Kecepatan 10 m/s



Pada uji coba skenario dengan kecepatan 10 m/s, PDR tertinggi didapatkan oleh GPSR dengan kecepatan realtime dengan jumlah node 90 dengan nilai 53.08%. GPSR dengan rata-rata kecepatan mendapatkan nilai tertinggi saat jumlah node 30 dan 50. Pada saat jumlah node 70, nilai PDR GPSR dengan kecepatan rata-rata hampir sama dengan GPSR dengan kecepatan realtime, selisihnya adalah 1.28 %. Nilai PDR selalu mengalami peningkatan pada jumlah node 70.

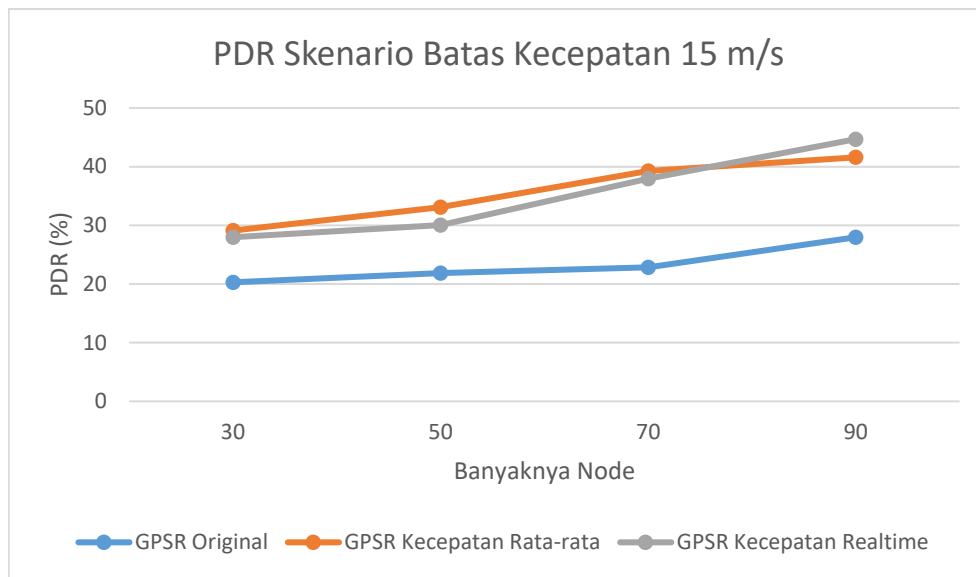
Berdasarkan pada Gambar 4.15 terlihat bahwa PDR selalu meningkat mulai skenario 50 node dengan ketiga metode. Peningkatan signifikan terjadi pada metode GPSR dengan kecepatan realtime dari skenario 50 node ke skenario 70 node. Peningkatan PDR yang terjadi sebesar 11.6 %.

Pada skenario dengan batas kecepatan maksimal 15 m/s dilakukan analisa PDR terhadap pertambahan jumlah node. Hasil analisa PDR pada skenario dengan batas kecepatan maksimal 15 m/s dapat dilihat pada Tabel 4.12 dan Gambar 4.16. Dapat terlihat dari gambar bahwa GPSR dengan metode yang diusulkan memiliki nilai PDR lebih baik dibandingkan dengan GPSR original.

Tabel 4.12 Data PDR pada Skenario Batas Kecepatan 15 m/s

| Jumlah Node | GPSR Original (%) | GPSR Kecepatan Rata-rata (%) | GPSR Kecepatan Realtime (%) |
|-------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 30          | 20.29             | 29.11                        | 27.98                       |
| 50          | 21.86             | 33.12                        | 30.06                       |
| 70          | 22.86             | 39.26                        | 37.94                       |
| 90          | 27.97             | 41.59                        | 44.68                       |

Pada uji coba skenario dengan kecepatan 15 m/s, PDR tertinggi didapatkan oleh GPSR dengan kecepatan realtime dengan jumlah node 90 dengan nilai 44.68 %. Nilai ini hanya memiliki selisih 3.09 dari hasil PDR GPSR dengan kecepatan rata-rata. GPSR dengan rata-rata kecepatan mendapatkan nilai tertinggi saat jumlah node 30, 50, 70. Ketiga metode mengalami peningkatan PDR seiring bertambahnya jumlah node.



Gambar 4.16 Evaluasi PDR Batas Kecepatan 15 m/s

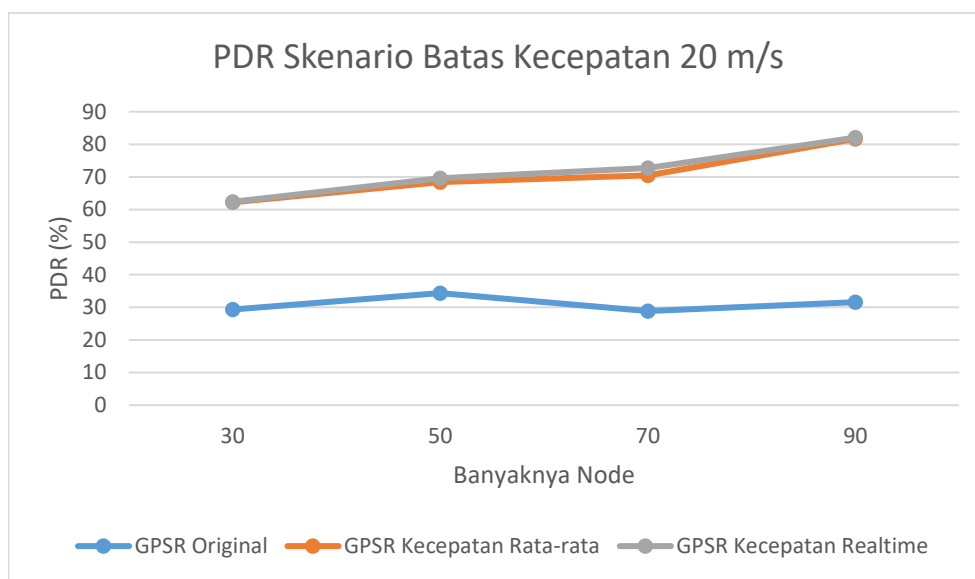
Pada skenario dengan batas kecepatan maksimal 20 m/s dilakukan analisa PDR terhadap pertambahan jumlah node. Hasil analisa PDR pada skenario dengan batas kecepatan maksimal 20 m/s dapat dilihat pada Tabel 4.13 dan Gambar 4.17 Evaluasi PDR Batas Kecepatan 20 m/s. Dapat terlihat dari gambar bahwa GPSR dengan metode yang diusulkan memiliki nilai PDR lebih baik dibandingkan dengan GPSR original.

Tabel 4.13 Data PDR pada Skenario Batas Kecepatan 20 m/s

| Jumlah Node | GPSR Original (%) | GPSR Kecepatan Rata-rata (%) | GPSR Kecepatan Realtime (%) |
|-------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 30          | 29.36             | 62.22                        | 62.37                       |
| 50          | 34.37             | 68.38                        | 69.59                       |
| 70          | 28.86             | 70.47                        | 72.70                       |
| 90          | 31.63             | 81.68                        | 82.06                       |

Pada uji coba skenario dengan kecepatan 20 m/s, PDR tertinggi didapatkan oleh GPSR dengan kecepatan realtime dengan jumlah node 90 dengan nilai 82.06%. Nilai ini hanya memiliki selisih 0.38% dari hasil PDR GPSR dengan kecepatan rata-rata. Pada skenario dengan batas maksimal kecepatan 20 m/s ini, pada setiap jumlah node, nilai PDR tertinggi didapatkan oleh GPSR dengan kecepatan realtime. Pada

GPSR dengan kecepatan rata-rata dan realtime, PDR selalu meningkat seiring dengan pertambahan jumlah node. Pada gambar, terlihat bahwa grafik evaluasi PDR pada GPSR dengan kecepatan rata-rata dan GPSR dengan kecepatan realtime saling berhimpitan. Sedangkan apabila dibandingkan dengan GPSR original, memiliki jarak yang jauh. Pada GPSR original dengan jumlah node 70, nilai PDR mengalami penurunan. Namun pada GPSR dengan kecepatan rata-rata dan GPSR dengan kecepatan realtime, nilai PDR masih stabil, bahkan mengalami peningkatan.



Gambar 4.17 Evaluasi PDR Batas Kecepatan 20 m/s

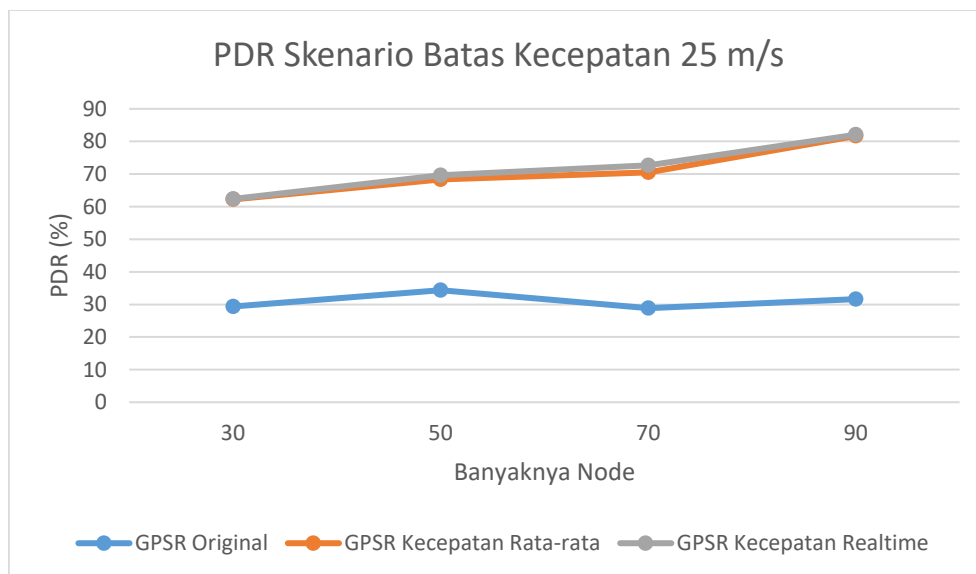
Pada skenario dengan batas kecepatan maksimal 25 m/s dilakukan analisa PDR terhadap pertambahan jumlah node. Hasil analisa PDR pada skenario dengan batas kecepatan maksimal 25 m/s dapat dilihat pada Tabel 4.14 dan Gambar 4.18. Dapat terlihat dari gambar bahwa GPSR dengan metode yang diusulkan memiliki nilai PDR lebih baik dibandingkan dengan GPSR original. Hasil evaluasi PDR pada batas kecepatan maksimal 25 m/s hampir sama dengan skenario dengan batas kecepatan 20 m/s.

Pada uji coba skenario dengan kecepatan 25 m/s, PDR tertinggi didapatkan oleh GPSR dengan kecepatan realtime dengan jumlah node 90 dengan nilai 54.97%. Nilai ini memiliki selisih 3.84% dari hasil PDR GPSR dengan kecepatan rata-rata. Pada skenario dengan kecepatan maksimal 25 m/s ini, GPSR dengan kecepatan

rata-rata unggul pada skenario dengan jumlah node 30 dan 50. Sedangkan pada skenario 70 dan 90.

Tabel 4.14 Data PDR pada Skenario Batas Kecepatan 25 m/s

| Jumlah Node | GPSR Original (%) | GPSR Kecepatan Rata-rata (%) | GPSR Kecepatan Realtime (%) |
|-------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 30          | 20.09             | 27.41                        | 24.40                       |
| 50          | 23.64             | 32.60                        | 32.03                       |
| 70          | 21.66             | 32.34                        | 36.03                       |
| 90          | 29.36             | 51.13                        | 54.97                       |



Gambar 4.18 Evaluasi PDR Batas Kecepatan 25 m/s

#### 4.3.1.2.2 End to End Delay (E2D)

Dalam subbab ini dibahas hasil analisa nilai E2D pada skenario yang telah dibuat. E2D adalah rata-rata waktu yang dibutuhkan setiap transmisi paket. Pada uji coba ini, setiap skenario dibuat 10 kali, lalu di evaluasi nilai E2D dan dirata-rata.

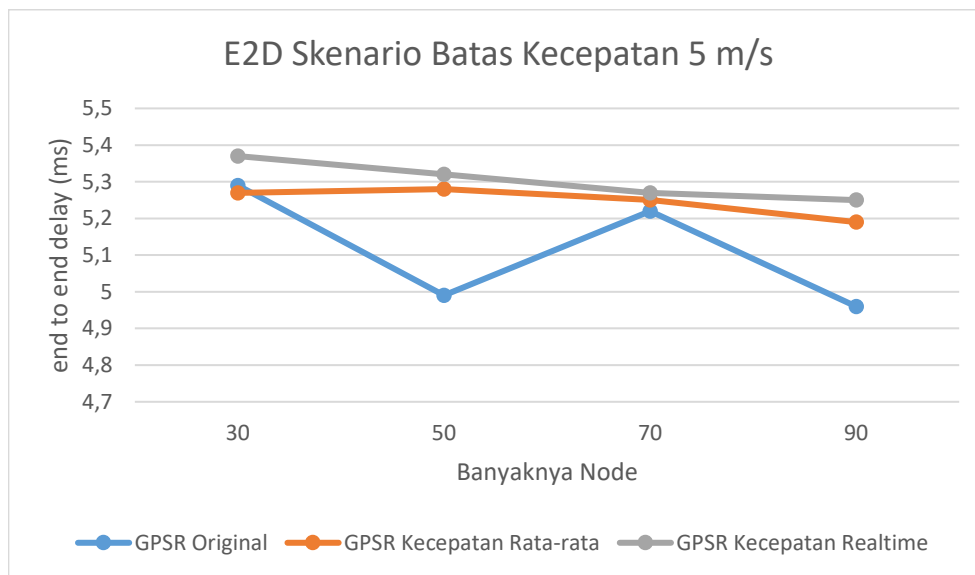
Pada skenario dengan batas kecepatan 5 m/s dilakukan analisa E2D pada setiap pertambahan jumlah node. Hasil evaluasi E2D pada skenario dengan batas kecepatan 5 m/s terhadap pertambahan jumlah node dapat dilihat pada Tabel 4.15 dan Gambar 4.19.

Tabel 4.15 Data E2D pada Skenario Batas Kecepatan 5 m/s

| Jumlah Node | GPSR Original<br>(ms) | GPSR Kecepatan<br>Rata-rata (ms) | GPSR Kecepatan<br>Realtime (ms) |
|-------------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 30          | 5.29                  | 5.27                             | 5.37                            |
| 50          | 4.99                  | 5.28                             | 5.32                            |
| 70          | 5.22                  | 5.25                             | 5.27                            |
| 90          | 4.96                  | 5.19                             | 5.25                            |

Berdasarkan pada Gambar 4.19 terlihat bahwa delay pada GPSR original cenderung lebih rendah dibandingkan dengan GPSR dengan kecepatan rata-rata dan GPSR dengan kecepatan realtime. Namun GPSR original tidak stabil seiring dengan penambahan jumlah node.

Nilai delay pada GPSR dengan kecepatan rata-rata selalu lebih rendah dibandingkan GPSR dengan kecepatan realtime. Pada GPSR dengan kecepatan rata-rata dan kecepatan realtime, nilai delay cenderung turun seiring penambahan jumlah node.



Gambar 4.19 Evaluasi E2D Batas Kecepatan 5 m/s

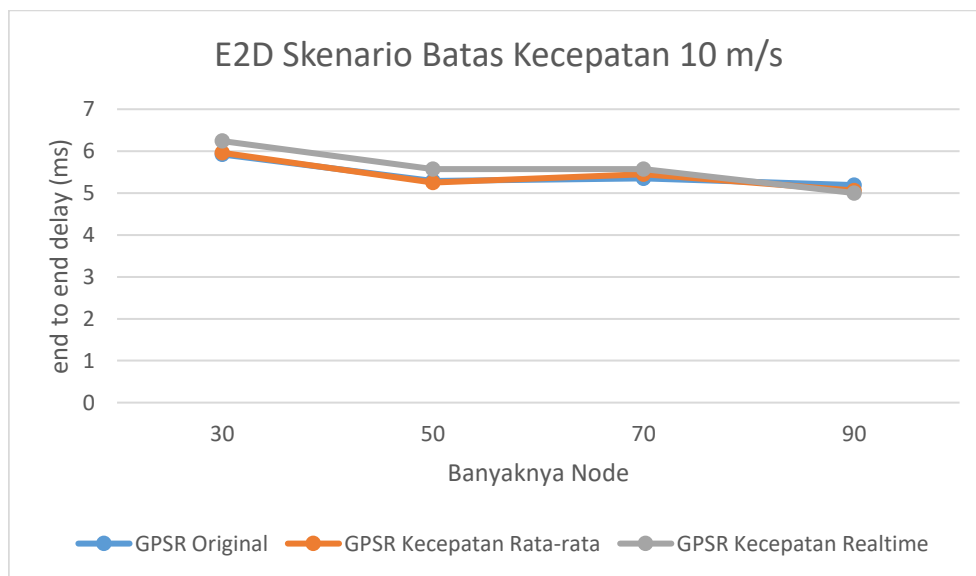
Pada uji coba ini, skenario dengan nilai delay terendah adalah skenario 90 node yaitu 4.96%, menggunakan metode GPSR original. Sedangkan skenario

dengan nilai delay paling tinggi yaitu skenario dengan 30 node menggunakan metode GPSR dengan kecepatan realtime yaitu 5.37 ms.

Tabel 4.16 Data E2D pada Skenario Batas Kecepatan 10 m/s

| Jumlah Node | GPSR Original (ms) | GPSR Kecepatan Rata-rata (ms) | GPSR Kecepatan Realtime (ms) |
|-------------|--------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 30          | 5.92               | 5.96                          | 6.24                         |
| 50          | 5.29               | 5.25                          | 5.57                         |
| 70          | 5.35               | 5.45                          | 5.57                         |
| 90          | 5.19               | 5.06                          | 5.00                         |

Pada skenario dengan batas kecepatan 10 m/s dilakukan analisa E2D pada setiap pertambahan jumlah node. Hasil evaluasi E2D pada skenario dengan batas kecepatan 10 m/s terhadap pertambahan jumlah node dapat dilihat pada Tabel 4.16 dan Gambar 4.20.



Gambar 4.20 Evaluasi E2D Batas Kecepatan 10 m/s

Berdasarkan pada Gambar 4.20 terlihat bahwa nilai delay diantara 3 metode, memiliki nilai yang hampir sama dan selisih sedikit. Pada GPSR dengan kecepatan realtime, nilai delay cenderung turun seiring pertambahan jumlah node.

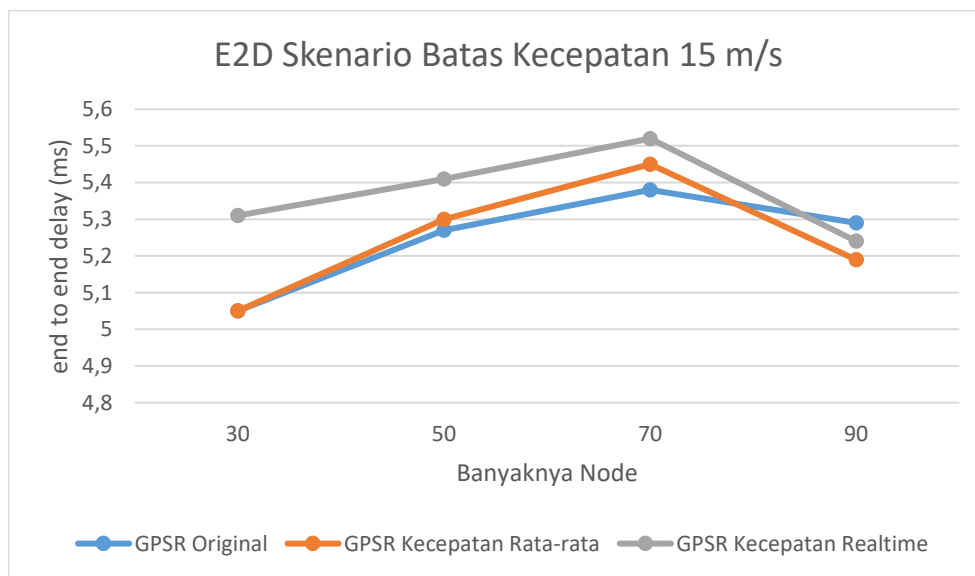
Pada uji coba ini, skenario dengan nilai delay terendah adalah skenario 90 node yaitu 5ms, menggunakan metode GPSR dengan kecepatan realtime.

Sedangkan skenario dengan nilai delay paling tinggi yaitu skenario dengan 30 node menggunakan metode GPSR dengan kecepatan realtime yaitu 6.24 ms.

Tabel 4.17 Data E2D pada Skenario Batas Kecepatan 15 m/s

| Jumlah Node | GPSR Original (ms) | GPSR Kecepatan Rata-rata (ms) | GPSR Kecepatan Realtime (ms) |
|-------------|--------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 30          | 5.05               | 5.05                          | 5.31                         |
| 50          | 5.27               | 5.30                          | 5.41                         |
| 70          | 5.38               | 5.45                          | 5.52                         |
| 90          | 5.29               | 5.19                          | 5.24                         |

Pada skenario dengan batas kecepatan 15 m/s dilakukan analisa E2D pada setiap pertambahan jumlah node. Hasil evaluasi E2D pada skenario dengan batas kecepatan 15 m/s terhadap pertambahan jumlah node dapat dilihat pada Tabel 4.17 dan Gambar 4.21.



Gambar 4.21 Evaluasi E2D Batas Kecepatan 15 m/s

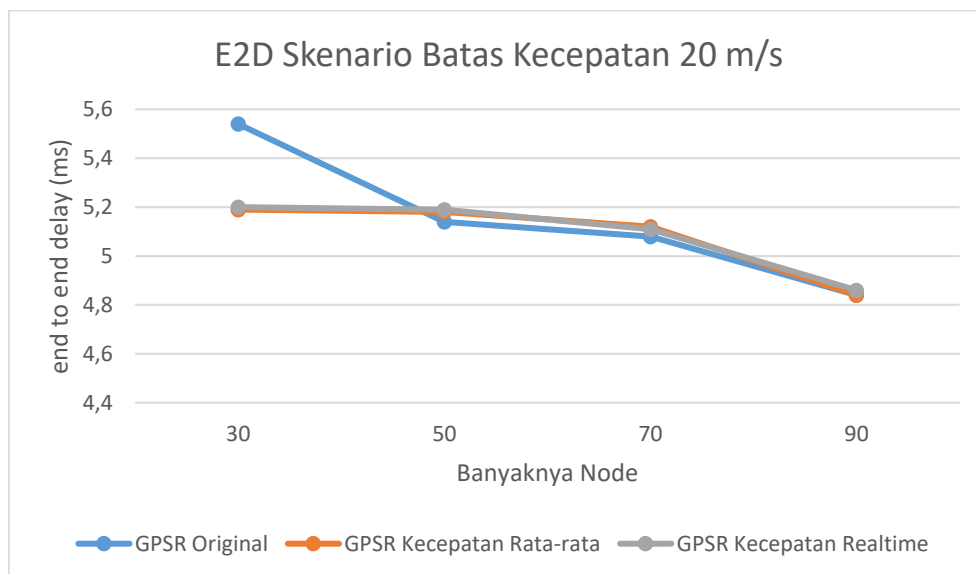
Berdasarkan pada Gambar 4.21 terlihat bahwa delay pada GPSR original cenderung lebih rendah dibandingkan dengan GPSR dengan kecepatan rata-rata dan GPSR dengan kecepatan realtime. Pada ketiga metode tersebut, nilai delay cenderung naik seiring pertambahan jumlah node, namun turun pada skenario dengan jumlah node 90.

Berdasarkan gambar tersebut, terlihat bahwa delay pada GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih rendah dibandingkan dengan GPSR dengan kecepatan realtime. Pada uji coba ini, skenario dengan nilai delay terendah adalah skenario 30 node yaitu 5.05 ms, menggunakan metode GPSR original dan GPSR dengan kecepatan rata-rata. Sedangkan skenario dengan nilai delay paling tinggi yaitu skenario dengan 70 node menggunakan metode GPSR dengan kecepatan realtime yaitu 5.45 ms.

Tabel 4.18 Data E2D pada Skenario Batas Kecepatan 20 m/s

| Jumlah Node | GPSR Original (ms) | GPSR Kecepatan Rata-rata (ms) | GPSR Kecepatan Realtime (ms) |
|-------------|--------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 30          | 5.54               | 5.19                          | 5.20                         |
| 50          | 5.14               | 5.18                          | 5.19                         |
| 70          | 5.08               | 5.12                          | 5.11                         |
| 90          | 4.84               | 4.84                          | 4.86                         |

Pada skenario dengan batas kecepatan 20 m/s dilakukan analisa E2D pada setiap pertambahan jumlah node. Hasil evaluasi E2D pada skenario dengan batas kecepatan 20 m/s terhadap pertambahan jumlah node dapat dilihat pada Tabel 4.18 dan Gambar 4.22.



Gambar 4.22 Evaluasi E2D Batas Kcepatan 20 m/s

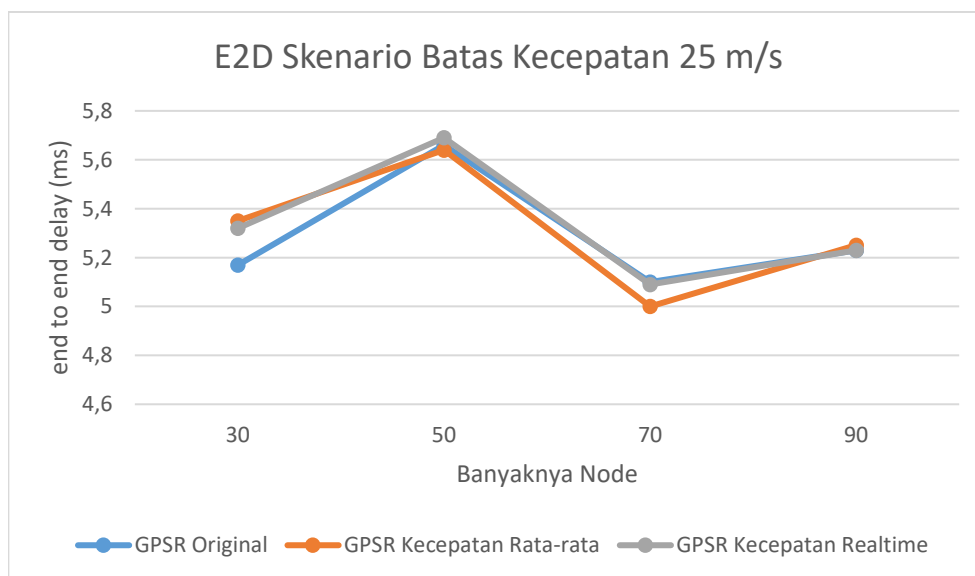


Berdasarkan pada Gambar 4.22 terlihat bahwa nilai delay ketiga metode hampir sama, hanya memiliki selisih sedikit. Kecuali pada skenario dengan jumlah node 30, pada GPSR original nilai delay tinggi dibandingkan dengan metode yang lainnya. Pada ketiga metode, nilai delay cenderung turun setiap penambahan jumlah node.

Pada uji coba ini, skenario dengan nilai delay terendah adalah skenario 90 node yaitu 4.84 ms, menggunakan metode GPSR original dan GPSR dengan kecepatan rata-rata. Sedangkan skenario dengan nilai delay paling tinggi yaitu skenario dengan 30 node menggunakan metode GPSR original yaitu 5.54 ms.

Tabel 4.19 Data E2D pada Skenario Batas Kecepatan 25 m/s

| Jumlah Node | GPSR Original (ms) | GPSR Kecepatan Rata-rata (ms) | GPSR Kecepatan Realtime (ms) |
|-------------|--------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 30          | 5.17               | 5.35                          | 5.32                         |
| 50          | 5.66               | 5.64                          | 5.69                         |
| 70          | 5.10               | 5.00                          | 5.09                         |
| 90          | 5.23               | 5.25                          | 5.23                         |



Gambar 4.23 Evaluasi E2D Batas Kecepatan 25 m/s

Pada skenario dengan batas kecepatan 25 m/s dilakukan analisa E2D pada setiap penambahan jumlah node. Hasil evaluasi E2D pada skenario dengan batas

kecepatan 25 m/s terhadap pertambahan jumlah node dapat dilihat pada Tabel 4.19 dan Gambar 4.23.

Berdasarkan pada Gambar 4.23 terlihat bahwa nilai delay ketiga metode hampir sama, hanya memiliki selisih sedikit. Evaluasi end to end delay pada batas kecepatan 25 m/s ini cenderung naik turun.

Pada uji coba ini, skenario dengan nilai delay terendah adalah skenario 70 node yaitu 5 ms, menggunakan metode GPSR dengan kecepatan rata-rata. Sedangkan skenario dengan nilai delay paling tinggi yaitu skenario dengan 50 node menggunakan metode GPSR dengan kecepatan realtime yaitu 5.69 ms.

#### 4.3.1.2.3 Routing Overhead (RO)

Tabel 4.20 Hasil Evaluasi Routing Overhead Grid

| Kecepatan<br>(m/s) | Metode              | Jumlah Node |       |       |        |
|--------------------|---------------------|-------------|-------|-------|--------|
|                    |                     | 30          | 50    | 70    | 90     |
| 5                  | GPSR original       | 16261       | 44185 | 82971 | 133976 |
|                    | GPSR Kec. Rata-rata | 16249       | 44205 | 82929 | 134027 |
|                    | GPSR Kec. Realtime  | 16241       | 44192 | 82956 | 134013 |
| 10                 | GPSR original       | 15329       | 39574 | 78530 | 129149 |
|                    | GPSR Kec. Rata-rata | 15331       | 39567 | 78538 | 129222 |
|                    | GPSR Kec. Realtime  | 15340       | 39568 | 78548 | 129182 |
| 15                 | GPSR original       | 15457       | 41710 | 78781 | 123653 |
|                    | GPSR Kec. Rata-rata | 15466       | 41697 | 78798 | 123731 |
|                    | GPSR Kec. Realtime  | 15462       | 41705 | 78795 | 123692 |
| 20                 | GPSR original       | 17279       | 42659 | 80904 | 134016 |
|                    | GPSR Kec. Rata-rata | 17281       | 42635 | 80910 | 134014 |
|                    | GPSR Kec. Realtime  | 17288       | 42651 | 80909 | 134074 |
| 25                 | GPSR original       | 15560       | 39978 | 78187 | 127176 |
|                    | GPSR Kec. Rata-rata | 15557       | 39978 | 78212 | 127231 |
|                    | GPSR Kec. Realtime  | 15561       | 40001 | 78251 | 127285 |

Hasil evaluasi ketiga metode terhadap kinerja RO terhadap semua variasi jumlah node menunjukkan nilai yang hampir sama, hanya memiliki selisih yang

sedikit. Nilai rata-rata routing overhead pada pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.20. Routing overhead merupakan banyaknya paket routing selama simulasi menggunakan 1 skenario tersebut. Semakin banyak jumlah node, semakin banyak jumlah routing overhead.

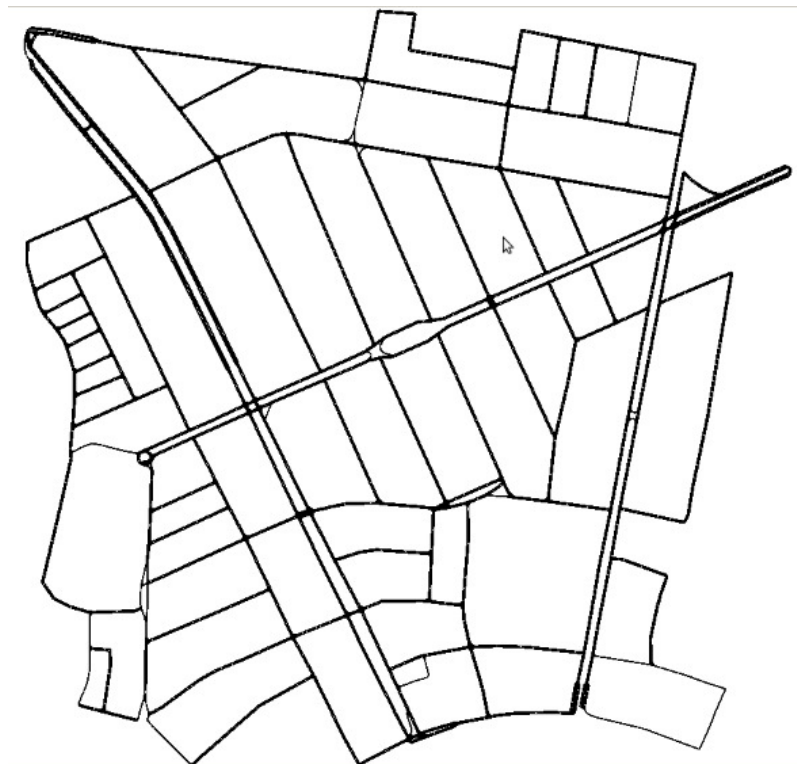
#### **4.3.2 Uji Coba Skenario Real**

Pengujian pada skenario real dilakukan pada peta real yang diekport dari peta Open Street Map. Dengan variasi jumlah node 30, 50, 70 dan 90. Analisa akan dilakukan dengan membandingkan kinerja antara GPSR original, GPSR dengan modifikasi kecepatan rata-rata dan GPSR dengan kecepatan realtime terhadap perubahan kecepatan dan jumlah node.

Uji coba akan dilakukan pada 2 lingkungan yang berbeda, yaitu lingkungan jalan protokol dan lingkungan perumahan.

##### **4.3.2.1 Lingkungan Jalan Protokol**

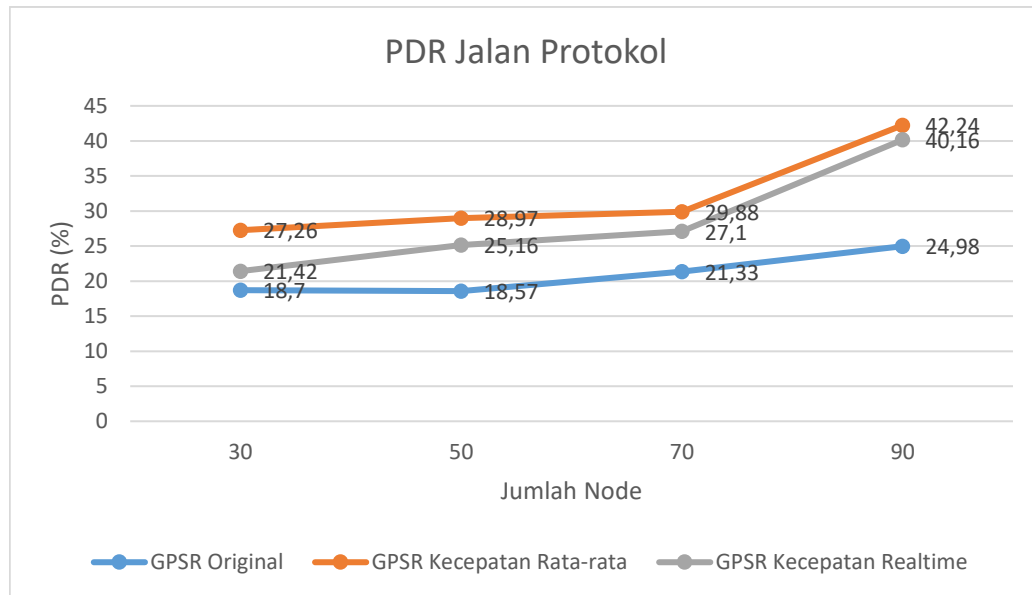
Lingkungan jalan protokol yang digunakan dalam uji coba adalah sekitaran jalan dr soetomo-darmo, kelurahan Darmo, kecamatan wonokromo Kota Surabaya. Peta OSM yang telah di eksport menjadi XML dapat dilihat pada gambar.



Gambar 4.24 Peta Real Jalan Protokol

#### 4.3.2.1.1 Packet Delivery Ratio (PDR)

Dalam subbab ini dibahas hasil analisa nilai PDR pada skenario real pada jalan protokol yang telah dibuat. PDR adalah persentase paket yang terkirim hingga ke tujuan.

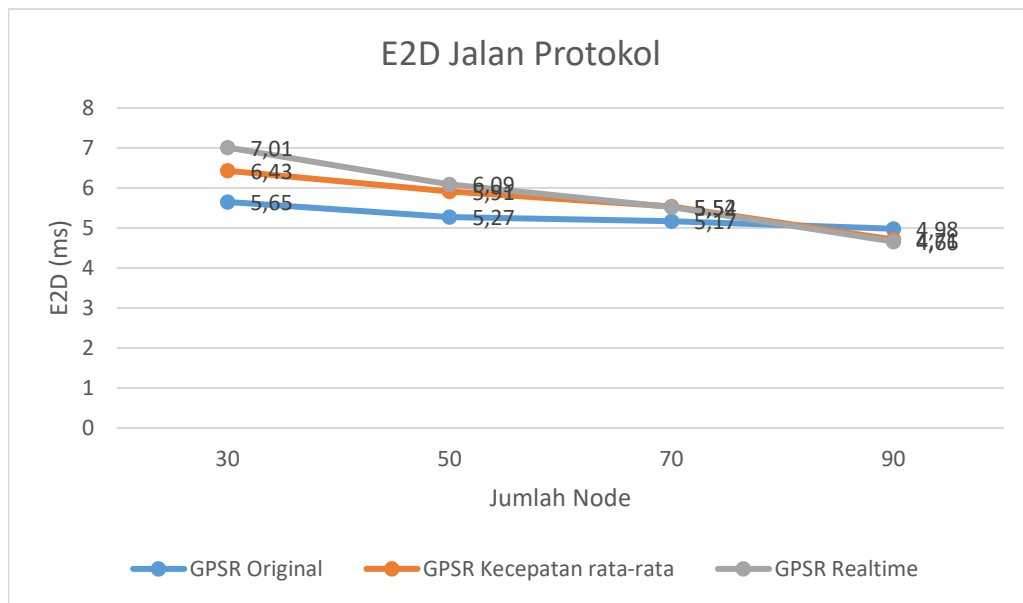


Gambar 4.25 PDR Jalan Protokol

Hasil evaluasi PDR pada skenario real jalan protokol, dapat dilihat pada Gambar 4.25. Berdasarkan gambar tersebut, dapat terlihat bahwa nilai PDR GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih unggul dibandingkan yang lainnya. Pada ketiga metode, nilai PDR cenderung meningkat seiring dengan penambahan jumlah node.

#### 4.3.2.1.2 End to End Delay (E2D)

Dalam subbab ini dibahas hasil analisa nilai E2D pada skenario real yang telah dibuat. E2D adalah rata-rata waktu yang dibutuhkan setiap transmisi paket. Pada uji coba ini, setiap skenario dibuat 10 kali, lalu di evaluasi nilai E2D dan dirata-rata.



Gambar 4.26 E2D Jalan Protokol

Pada skenario real di lingkungan jalan protokol dilakukan analisa E2D pada setiap pertambahan jumlah node. Hasil evaluasi E2D pada skenario tersebut dengan pertambahan jumlah node dapat dilihat pada Gambar 4.26.

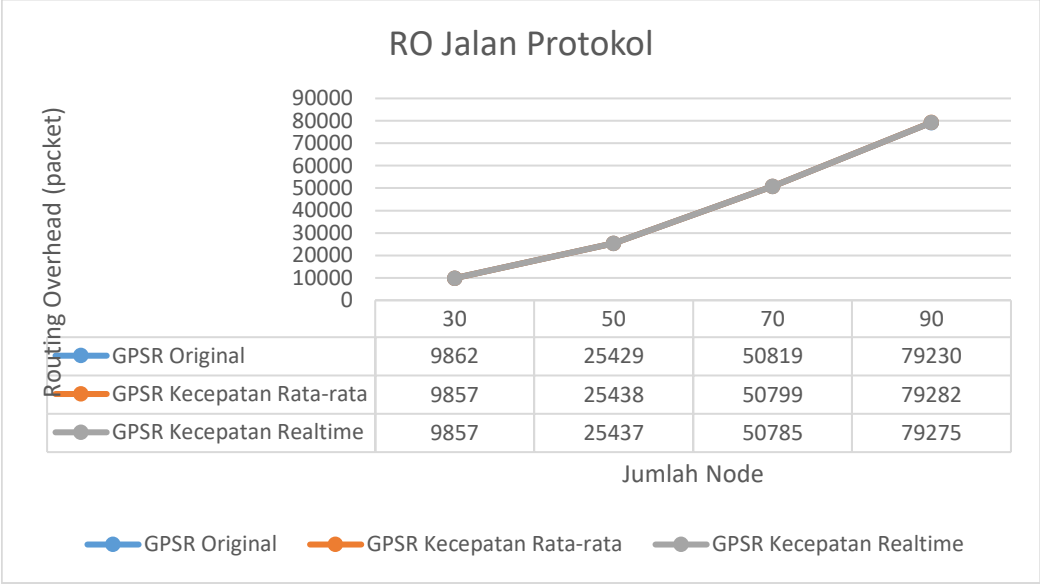
Berdasarkan pada Gambar 4.26 terlihat bahwa delay pada GPSR original cenderung lebih rendah dibandingkan dengan GPSR dengan kecepatan rata-rata dan GPSR dengan kecepatan realtime. Nilai E2D pada GPSR dengan kecepatan rata-rata dan kecepatan realtime. Pada GPSR dengan kecepatan rata-rata dan kecepatan realtime, nilai delay cenderung turun seiring pertambahan jumlah node.

Pada uji coba ini, skenario dengan nilai delay terendah adalah skenario 90 node yaitu 4.66 ms, menggunakan metode GPSR dengan kecepatan rata-rata dan kecepatan realtime. Sedangkan skenario dengan nilai delay paling tinggi yaitu skenario dengan 30 node menggunakan metode GPSR dengan kecepatan realtime yaitu 7.01 ms.

#### 4.3.2.1.3 Routing Overhead (RO)

Hasil evaluasi ketiga metode terhadap kinerja RO terhadap semua variasi jumlah node menunjukkan nilai yang hampir sama, hanya memiliki nilai selisih yang sedikit. Nilai rata-rata routing overhead pada pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 4.27. Routing overhead merupakan banyaknya paket routing selama

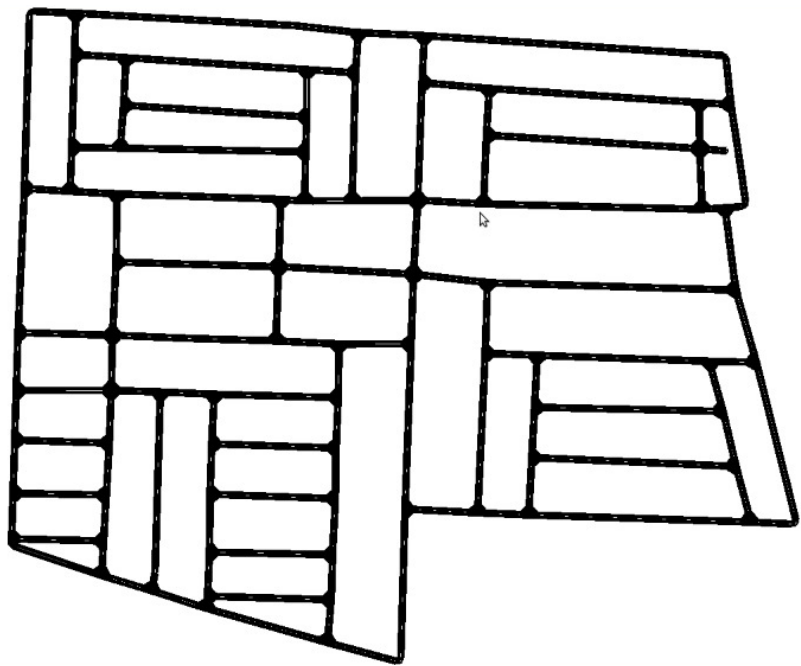
simulasi menggunakan 1 skenario tersebut. Semakin banyak jumlah node, semakin banyak jumlah routing overhead.



Gambar 4.27 RO Jalan Protokol

**4.3.2.2 Lingkungan Perumahan**

Lingkungan perumahan yang digunakan dalam uji coba adalah wisma permai, kelurahan Mulyorejo, kecamatan Sukolilo Kota Surabaya.

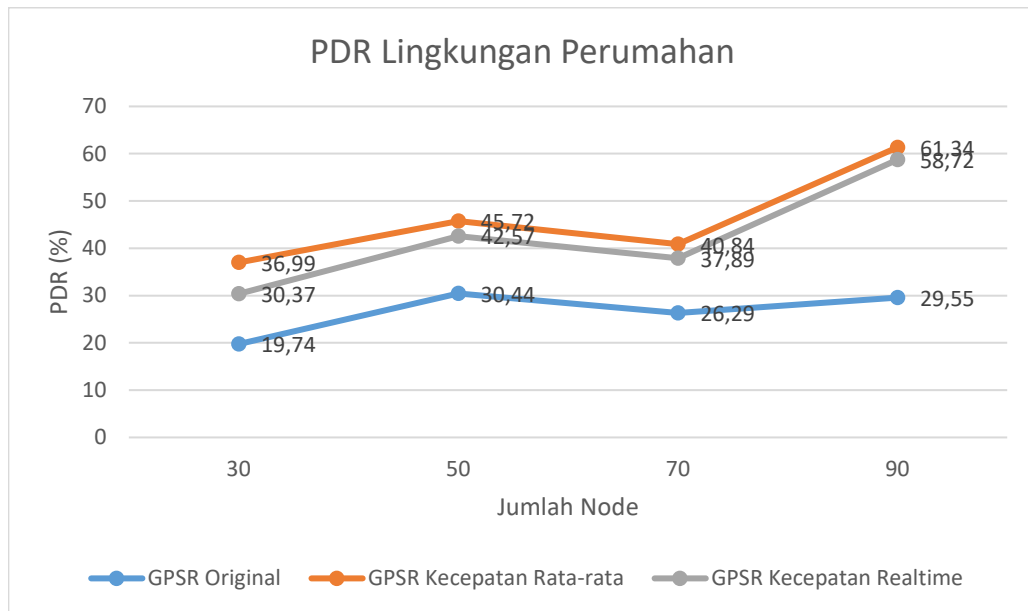


Gambar 4.28 Peta Real Lingkungan Perumahan

#### 4.3.2.2.1 Packet Delivery Ratio (PDR)

Dalam subbab ini dibahas hasil analisa nilai PDR pada skenario real pada lingkungan perumahan yang telah dibuat. PDR adalah persentase paket yang terkirim hingga ke tujuan.

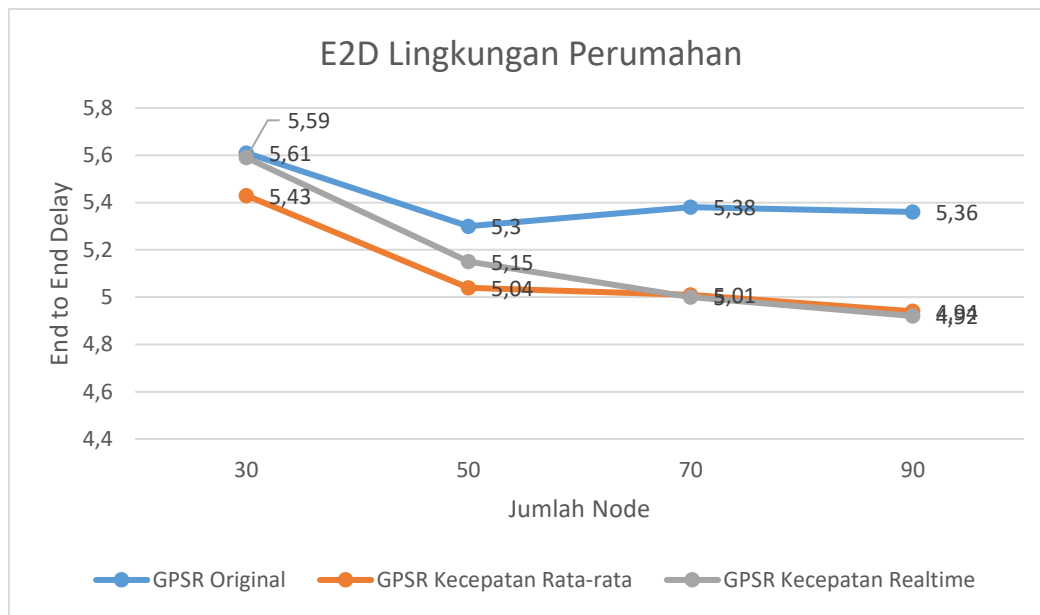
Hasil evaluasi PDR pada skenario real lingkungan perumahan, dapat dilihat pada Gambar 4.29. Berdasarkan gambar tersebut, dapat terlihat bahwa nilai PDR GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih unggul dibandingkan yang lainnya. Pada ketiga metode, nilai PDR cenderung meningkat seiring dengan penambahan jumlah node, kecuali pada skenario 70.



Gambar 4.29 PDR Lingkungan Perumahan

#### 4.3.2.2.2 End to End Delay (E2D)

Dalam subbab ini dibahas hasil analisa nilai E2D pada skenario real yang telah dibuat. E2D adalah rata-rata waktu yang dibutuhkan setiap transmisi paket. Pada uji coba ini, setiap skenario dibuat 10 kali, lalu di evaluasi nilai E2D dan dirata-rata.



Gambar 4.30 E2D Lingkungan Perumahan

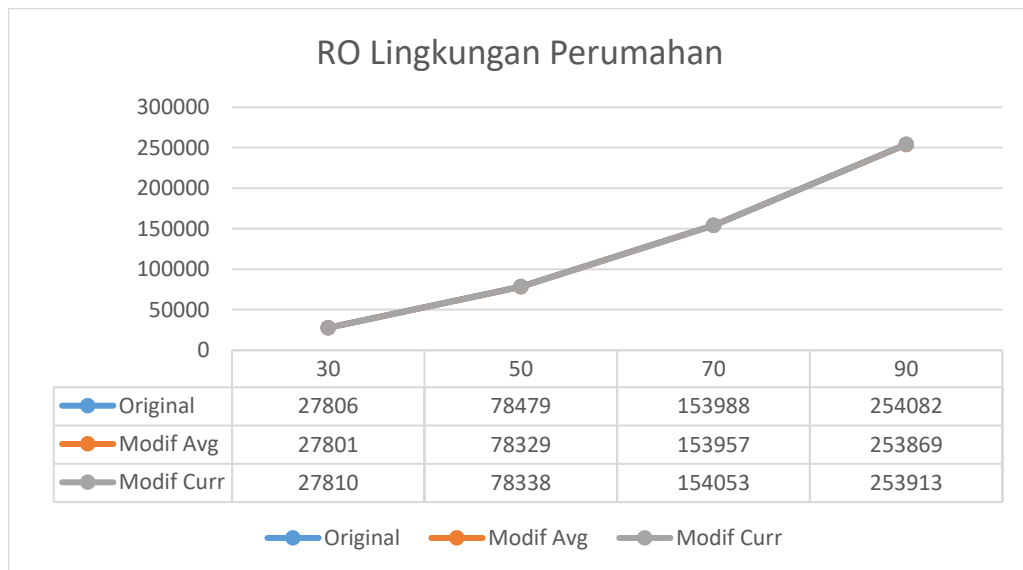
Pada skenario real di lingkungan perumahan dilakukan analisa E2D pada setiap pertambahan jumlah node. Hasil evaluasi E2D pada skenario tersebut dengan pertambahan jumlah node dapat dilihat pada Gambar 4.30.

Berdasarkan pada Gambar 4.30 terlihat bahwa delay pada GPSR original cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan GPSR dengan kecepatan rata-rata dan GPSR dengan kecepatan realtime. Nilai E2D pada GPSR dengan kecepatan rata-rata dan kecepatan realtime. Pada GPSR dengan kecepatan rata-rata dan kecepatan realtime, nilai delay cenderung turun seiring pertambahan jumlah node.

Pada uji coba ini, skenario dengan nilai delay terendah adalah skenario 90 node yaitu 4.92 ms, menggunakan metode GPSR dengan kecepatan realtime. Sedangkan skenario dengan nilai delay paling tinggi yaitu skenario dengan 30 node menggunakan metode GPSR original yaitu 5.61 ms.



#### 4.3.2.2.3 Routing Overhead (RO)



Gambar 4.31 RO Lingkungan Perumahan

Hasil evaluasi ketiga metode terhadap kinerja RO terhadap semua variasi jumlah node menunjukkan nilai yang hampir sama, hanya memiliki nilai selisih yang sedikit. Nilai rata-rata routing overhead pada pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 4.31. Routing overhead merupakan banyaknya paket routing selama simulasi menggunakan 1 skenario tersebut. Semakin banyak jumlah node, semakin banyak jumlah routing overhead.

#### 4.3.3 Evaluasi Lifetime Route

Evaluasi lifetime route digunakan untuk melihat kestabilan rute paket yang dipilih. Pada evaluasi ini, dilakukan penghitungan lifetime jika rute terhubung dari node sumber ke node destinasi. Dalam hal ini rute paket yang tidak sampai pada tujuan akan diabaikan. Pada evaluasi ini, dari 10 skenario pada masing-masing variasi parameter skenario yang telah dibuat, diambil 1 skenario secara acak untuk dilakukan evaluasi rute.

##### 4.3.3.1 Skenario Grid

##### 4.3.3.1.1 Kecepatan Maksimal 5 m/s

Pada skenario peta grid kecepatan maksimal 5 m/s dan jumlah node 30, evaluasi rute dilakukan pada skenario 9. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel

daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (lifetime route). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21. Evaluasi Rute Grid Kec 5 m/s 30 Node

| Rute GPSR<br>Original | Lifetime<br>GPSR<br>Original | Rute GPSR<br>Kec Rata-rata | Lifetime<br>Kec Rata-<br>rata | Rute Kec<br>Realtime | Lifetime<br>Kec<br>Realtime |
|-----------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 28>2>29               | 20                           | 28>2>29                    | 34                            | 28>2>29              | 19                          |
| 28>7>29               | 2                            | 28>7>29                    | 14                            | 28>7>29              | 35                          |
| 28>3>29               | 5                            | 28>3>29                    | 14                            | 28>3>29              | 9                           |
| 28>10>29              | 5                            | 28>10>29                   | 4                             | 28>10>29             | 5                           |
| 28>19>29              | 4                            | 28>16>29                   | 14                            | 28>7>22>29           | 1                           |
| 28>16>29              | 24                           | 28>6>29                    | 9                             | 28>6>4>29            | 1                           |
| 28>6>29               | 1                            | 28>21>29                   | 6                             | 28>6>11>29           | 3                           |
| 28>21>29              | 10                           |                            |                               | 28>16>29             | 4                           |
|                       |                              |                            |                               | 28>6>1>29            | 2                           |
|                       |                              |                            |                               | 28>6>29              | 6                           |
|                       |                              |                            |                               | 28>13>29             | 5                           |
|                       |                              |                            |                               | 28>2>1>29            | 15                          |
| SUM                   | 71                           |                            | 95                            |                      | 105                         |
| AVG                   | 8.88                         |                            | 13.57                         |                      | 8.75                        |

Berdasarkan pada Tabel 4.21, jumlah paket transmisi sukses pada GPSR dengan kecepatan rata-rata, unggul ke-2 setelah jumlah transmisi paket sukses pada GPSR dengan kecepatan realtime dengan selisih 10 transmisi. Namun pada GPSR dengan kecepatan rata-rata, memiliki rata-rata jumlah transmisi sukses tertinggi. Selain itu GPSR dengan kecepatan realtime memiliki 5 rute dengan jumlah hop 4. Sedangkan pada GPSR dengan kecepatan rata-rata dan GPSR original hanya 3 hop pada semua rute. Semakin banyak jumlah hop, menyebabkan energi yang digunakan untuk mencapai node tujuan lebih banyak. Selain itu GPSR dengan kecepatan rata-rata memiliki jumlah rute lebih sedikit dibandingkan dengan GPSR original dan GPSR dengan kecepatan realtime. Hal ini disebabkan karena GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih jarang terjadi perubahan rute. Hal ini berarti bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata sedikit terjadi perubahan rute, namun tetap tinggi dalam transmisi paket yang sukses.

Pada skenario peta grid kecepatan maksimal 5 m/s dan jumlah node 50, evaluasi rute dilakukan pada skenario 6. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (lifetime route). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22. Evaluasi Rute Grid Kec 5 m/s 50 Node

| Rute GPSR<br>Original | Lifetime<br>GPSR<br>Original | Rute GPSR<br>Kec Rata-rata | Lifetime<br>Kec Rata-<br>rata | Rute Kec<br>Realtime | Lifetime<br>Kec<br>Realtime |
|-----------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 48>13>49              | 9                            | 48>39>49                   | 45                            | 48>22>0>49           | 3                           |
| 48>39>49              | 6                            | 48>47>49                   | 8                             | 48>39>49             | 50                          |
| 48>1>49               | 35                           | 48>1>49                    | 29                            | 48>47>49             | 8                           |
| 48>33>49              | 15                           |                            |                               | 48>22>32>49          | 7                           |
| SUM                   | 65                           |                            | 82                            |                      | 68                          |
| AVG                   | 16.25                        |                            | 27.33                         |                      | 17                          |

Berdasarkan pada Tabel 4.22 terlihat bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata memiliki jumlah transmisi paket sukses tertinggi. Selain itu pada GPSR dengan kecepatan rata-rata, jumlah rute lebih sedikit dibandingkan dengan GPSR original dan GPSR dengan kecepatan realtime. Hal ini disebabkan karena GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih jarang terjadi perubahan rute. Hal ini berarti bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata sedikit terjadi perubahan rute, namun tetap tinggi dalam transmisi paket yang sukses.

Sedangkan pada GPSR dengan kecepatan realtime memiliki 2 rute dengan jumlah hop 4. Sedangkan pada GPSR dengan kecepatan rata-rata dan GPSR original hanya 3 hop pada semua rute. Semakin banyak jumlah hop, menyebabkan energi yang digunakan untuk mencapai node tujuan lebih banyak.

Pada skenario peta grid kecepatan maksimal 5 m/s dan jumlah node 70, evaluasi rute dilakukan pada skenario 1. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (lifetime route). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23. Evaluasi Rute Grid Kec 5 m/s 70 Node

| Rute GPSR<br>Original | Lifetime<br>GPSR<br>Original | Rute GPSR<br>Kec Rata-rata | Lifetime<br>Kec Rata-<br>rata | Rute Kec<br>Realtime | Lifetime<br>Kec<br>Realtime |
|-----------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 68>18>69              | 32                           | 68>17>69                   | 6                             | 68>50>4>69           | 5                           |
| 68>11>69              | 10                           | 68>18>69                   | 31                            | 68>17>69             | 5                           |
| 68>12>69              | 6                            | 68>50>69                   | 15                            | 68>18>69             | 15                          |
| 68>1>69               | 7                            | 68>27>69                   | 10                            | 68>50>69             | 17                          |
|                       |                              | 68>15>69                   | 6                             | 68>47>69             | 9                           |
|                       |                              | 68>11>69                   | 11                            | 68>15>69             | 26                          |
|                       |                              |                            |                               | 68>15>54>69          | 6                           |
| SUM                   | 55                           |                            | 79                            |                      | 83                          |
| AVG                   | 13.75                        |                            | 13.17                         |                      | 11.86                       |

Berdasarkan pada Tabel 4.23, GPSR dengan kecepatan rata-rata unggul ke-2 setelah GPSR dengan kecepatan realtime dari segi jumlah transmisi yang sukses. Namun meskipun GPSR dengan kecepatan realtime lebih unggul, terdapat 2 rute dengan jumlah hop 4. Semakin banyak jumlah hop, menyebabkan energi yang digunakan untuk mencapai node tujuan lebih banyak.

Pada skenario peta grid kecepatan maksimal 5 m/s dan jumlah node 90, evaluasi rute dilakukan pada skenario 1. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (lifetime route). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24. Evaluasi Rute Grid Kec 5 m/s 90 Node

| Rute GPSR<br>Original | Lifetime<br>GPSR<br>Original | Rute GPSR<br>Kec Rata-rata | Lifetime<br>Kec Rata-<br>rata | Rute Kec<br>Realtime | Lifetime<br>Kec<br>Realtime |
|-----------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 88>74>89              | 2                            | 88>74>89                   | 87                            | 88>74>89             | 5                           |
| 88>51>89              | 49                           | 88>16>89                   | 14                            | 88>56>89             | 5                           |
| 88>60>89              | 3                            | 88>60>89                   | 11                            | 88>16>89             | 28                          |
| 88>1>89               | 8                            | 88>1>89                    | 4                             | 88>77>89             | 72                          |
| SUM                   | 62                           |                            | 116                           |                      | 110                         |
| AVG                   | 15.5                         |                            | 29                            |                      | 27.5                        |

Berdasarkan pada Tabel 4.24 terlihat bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata memiliki jumlah transmisi paket sukses dan rata-rata transmisi setiap rute tertinggi. Hal ini berarti bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata dengan jumlah yang rute yang sama dan jumlah hop yang sama, mampu mentransmisikan paket dengan sukses lebih banyak.

#### 4.3.3.1.2 Kecepatan Maksimal 10 m/s

Pada skenario peta grid kecepatan maksimal 10 m/s dan jumlah node 30, evaluasi rute dilakukan pada skenario 3. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (lifetime route). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.25.

Tabel 4.25. Evaluasi Rute Grid Kec 10 m/s 30 Node

| Rute GPSR Original | Lifetime GPSR Original | Rute GPSR Kec Rata-rata | Lifetime Kec Rata-rata | Rute Kec Realtime | Lifetime Kec Realtime |
|--------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------|-----------------------|
| 28>2>29            | 4                      | 28>4>13>29              | 5                      | 28>8>13>29        | 11                    |
| 28>4>13>29         | 5                      | 28>8>29                 | 20                     | 28>8>29           | 14                    |
| 28>8>29            | 8                      | 28>15>29                | 8                      | 28>23>29          | 2                     |
| 28>4>29            | 14                     | 28>4>29                 | 14                     | 28>15>21>26>10>29 | 6                     |
| 28>21>26>10>29     | 6                      | 28>21>26>10>29          | 6                      | 28>4>29           | 1                     |
| 28>24>29           | 3                      | 28>24>29                | 8                      | 28>15>13>29       | 4                     |
| 28>4>0>29          | 5                      | 28>4>0>29               | 5                      | 28>21>13>29       | 15                    |
| 28>1>29            | 4                      |                         |                        |                   |                       |
| SUM                | 49                     |                         | 66                     |                   | 53                    |
| AVG                | 6.13                   |                         | 9.43                   |                   | 7.57                  |

Berdasarkan pada Tabel 4.25 terlihat bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata memiliki jumlah transmisi paket sukses tertinggi. Selain itu pada GPSR dengan kecepatan rata-rata, jumlah rute lebih sedikit dibandingkan dengan GPSR original. Hal ini disebabkan karena GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih jarang terjadi perubahan rute. Hal ini berarti bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata sedikit terjadi perubahan rute, namun tetap tinggi dalam transmisi paket yang sukses. Selain itu GPSR dengan kecepatan rata-rata memiliki rata-rata transmisi sukses yang tertinggi.

Terlihat berdasarkan tabel tersebut bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata memiliki 1 rute dengan jumlah hop 6 dan 3 rute dengan jumlah hop 4. Sedangkan pada GPSR original dan GPSR dengan kecepatan rata-rata, jumlah hop paling banyak adalah 5. Semakin banyak jumlah hop, menyebabkan energi yang digunakan untuk mencapai node tujuan lebih banyak.

Pada skenario peta grid kecepatan maksimal 10 m/s dan jumlah node 50, evaluasi rute dilakukan pada skenario 9. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (lifetime route). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.26.

Tabel 4.26. Evaluasi Rute Grid Kec 10 m/s 50 Node

| Rute GPSR<br>Original | Lifetime<br>GPSR<br>Original | Rute GPSR<br>Kec Rata-rata | Lifetime<br>Kec Rata-<br>rata | Rute Kec<br>Realtime | Lifetime<br>Kec<br>Realtime |
|-----------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 48>41>49              | 6                            | 48>26>49                   | 4                             | 48>14>49             | 4                           |
| 48>13>49              | 3                            | 48>22>49                   | 28                            | 48>22>49             | 18                          |
| 48>26>49              | 2                            | 48>23>49                   | 15                            | 48>26>16>49          | 5                           |
| 48>14>49              | 11                           | 48>5>49                    | 4                             | 48>23>49             | 10                          |
| 48>22>49              | 13                           |                            |                               | 48>12>49             | 5                           |
| 48>19>49              | 4                            |                            |                               | 48>5>16>49           | 5                           |
| 48>23>49              | 6                            |                            |                               |                      |                             |
| 48>5>49               | 2                            |                            |                               |                      |                             |
| SUM                   | 47                           |                            | 51                            |                      | 47                          |
| AVG                   | 5.88                         |                            | 12.75                         |                      | 7.83                        |

Berdasarkan pada Tabel 4.26 terlihat bahwa rata-rata jumlah paket yang sukses lebih tinggi pada GPSR dengan kecepatan rata-rata. Bila dibandingkan setiap rute yang sama pada ketiga metode, GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih banyak jumlah transmisi yang sukses. Selain itu GPSR dengan kecepatan rata-rata memiliki rata-rata transmisi sukses yang tertinggi. Selain itu pada GPSR dengan kecepatan rata-rata, jumlah rute lebih sedikit dibandingkan dengan GPSR original. Hal ini disebabkan karena GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih jarang terjadi perubahan rute. Hal ini berarti bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata sedikit terjadi perubahan rute, namun tetap tinggi dalam transmisi paket yang sukses.

Sedangkan pada GPSR dengan kecepatan realtime, memiliki 2 rute yang memiliki jumlah hop 4. Semakin banyak jumlah hop, menyebabkan energi yang digunakan untuk mencapai node tujuan lebih banyak.

Pada skenario peta grid kecepatan maksimal 10 m/s dan jumlah node 70, evaluasi rute dilakukan pada skenario 3. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (lifetime route). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27. Evaluasi Rute Grid Kec 10 m/s 70 Node

| Rute GPSR<br>Original | Lifetime<br>GPSR<br>Original | Rute GPSR<br>Kec Rata-rata | Lifetime<br>Kec Rata-<br>rata | Rute Kec<br>Realtime | Lifetime<br>Kec<br>Realtime |
|-----------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 68>17>69              | 4                            | 68>17>69                   | 9                             | 68>17>69             | 13                          |
| 68>61>69              | 1                            | 68>2>69                    | 3                             | 68>10>69             | 1                           |
| 68>39>69              | 4                            | 68>39>69                   | 4                             | 68>16>48>69          | 1                           |
| 68>11>69              | 3                            | 68>52>69                   | 55                            | 68>11>69             | 6                           |
| 68>9>69               | 5                            | 68>29>69                   | 3                             | 68>52>69             | 48                          |
| 68>52>69              | 56                           |                            |                               | 68>29>69             | 4                           |
| SUM                   | 73                           |                            | 74                            |                      | 73                          |
| AVG                   | 12.17                        |                            | 14.80                         |                      | 12.17                       |

Berdasarkan pada Tabel 4.27 terlihat bahwa rata-rata jumlah paket yang sukses lebih tinggi pada GPSR dengan kecepatan rata-rata. Bila dibandingkan setiap rute yang sama pada ketiga metode, GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih banyak jumlah transmisi yang sukses. Selain itu GPSR dengan kecepatan rata-rata memiliki rata-rata transmisi sukses yang tertinggi. Selain itu pada GPSR dengan kecepatan rata-rata, jumlah rute lebih sedikit dibandingkan dengan GPSR original. Hal ini disebabkan karena GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih jarang terjadi perubahan rute. Hal ini berarti bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata sedikit terjadi perubahan rute, namun tetap tinggi dalam transmisi paket yang sukses.

Sedangkan pada GPSR dengan kecepatan realtime, memiliki 1 rute yang memiliki jumlah hop 4. Pada GPSR original dan GPSR dengan kecepatan rata-rata, semua rute hanya memiliki jumlah hop 3. Semakin banyak jumlah hop, menyebabkan energi yang digunakan untuk mencapai node tujuan lebih banyak.

Tabel 4.28. Evaluasi Rute Grid Kec 10 m/s 90 Node

| Rute GPSR<br>Original | Lifetime<br>GPSR<br>Original | Rute GPSR<br>Kec Rata-rata | Lifetime<br>Kec Rata-<br>rata | Rute Kec<br>Realtime | Lifetime<br>Kec<br>Realtime |
|-----------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 88>50>89              | 2                            | 88>49>89                   | 8                             | 88>49>89             | 7                           |
| 88>87>89              | 71                           | 88>74>89                   | 14                            | 88>29>89             | 20                          |
| 88>20>89              | 5                            | 88>87>89                   | 82                            | 88>13>89             | 5                           |
|                       |                              |                            |                               | 88>74>89             | 10                          |
|                       |                              |                            |                               | 88>87>89             | 61                          |
|                       |                              |                            |                               | 88>63>89             | 1                           |
| SUM                   | 78                           |                            | 104                           |                      | 104                         |
| AVG                   | 26                           |                            | 34.67                         |                      | 17.33                       |

Pada skenario peta grid kecepatan maksimal 10 m/s dan jumlah node 70, evaluasi rute dilakukan pada skenario 3. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (lifetime route). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.28.

Berdasarkan pada Tabel 4.28 terlihat bahwa jumlah transmisi sukses antara GPSR dengan kecepatan rata-rata dan GPSR dengan kecepatan realtime memiliki nilai yang sama. Namun yang membedakan dalam hal ini adalah banyaknya rute. GPSR dengan kecepatan rata-rata memiliki jumlah rute yang lebih sedikit dibandingkan dengan GPSR dengan kecepatan realtime. Hal ini disebabkan karena GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih jarang terjadi perubahan rute. Hal ini berarti bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata sedikit terjadi perubahan rute, namun tetap tinggi dalam transmisi paket yang sukses.

#### 4.3.3.1.3 Kecepatan Maksimal 15 m/s

Pada skenario peta grid kecepatan maksimal 15 m/s dan jumlah node 30, evaluasi rute dilakukan pada skenario 1. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (lifetime route). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.29.



Tabel 4.29. Evaluasi Rute Grid Kec 15 m/s 30 Node

| Rute GPSR<br>Original | Lifetime<br>GPSR<br>Original | Rute GPSR<br>Kec Rata-<br>rata | Lifetime<br>Kec Rata-<br>rata | Rute Kec<br>Realtime | Lifetime Kec<br>Realtime |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------------|
| 28>10>29              | 5                            | 28>10>29                       | 9                             | 28>21>25>29          | 3                        |
| 28>19>29              | 29                           | 28>19>29                       | 34                            | 28>10>29             | 14                       |
| 28>27>29              | 3                            | 28>27>29                       | 7                             | 28>19>29             | 7                        |
| 28>8>29               | 11                           | 28>8>29                        | 1                             | 28>27>29             | 4                        |
| 28>15>29              | 4                            | 28>9>29                        | 4                             | 28>10>11>29          | 4                        |
|                       |                              |                                |                               | 28>10>22>29          | 1                        |
|                       |                              |                                |                               | 28>16>29             | 14                       |
| SUM                   | 52                           |                                | 55                            |                      | 47                       |
| AVG                   | 10.4                         |                                | 11                            |                      | 6.71                     |

Berdasarkan pada Tabel 4.29 terlihat bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata memiliki jumlah transmisi paket sukses tertinggi. Selain itu GPSR dengan kecepatan rata-rata memiliki jumlah rute lebih sedikit dibandingkan dengan GPSR dengan kecepatan realtime. Hal ini disebabkan karena GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih jarang terjadi perubahan rute. Hal ini berarti bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata sedikit terjadi perubahan rute, namun tetap tinggi dalam transmisi paket yang sukses.

Berdasarkan pada Tabel 4.29 terlihat bahwa GPSR dengan kecepatan realtime memiliki 3 rute dengan jumlah hop 4. Sedangkan pada GPSR dengan kecepatan rata-rata dan GPSR original hanya 3 hop pada semua rute. Semakin banyak jumlah hop, menyebabkan energi yang digunakan untuk mencapai node tujuan lebih banyak.

Pada skenario peta grid kecepatan maksimal 15 m/s dan jumlah node 50, evaluasi rute dilakukan pada skenario 6. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (lifetime route). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.30. Berdasarkan pada Tabel 4.30 terlihat bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata memiliki jumlah transmisi paket sukses tertinggi.

Tabel 4.30. Evaluasi Rute Grid Kec 15 m/s 50 Node

| Rute GPSR<br>Original | Lifetime<br>GPSR<br>Original | Rute GPSR<br>Kec Rata-<br>rata | Lifetime<br>Kec Rata-<br>rata | Rute Kec<br>Realtime | Lifetime Kec<br>Realtime |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------------|
| 48>27>49              | 4                            | 48>18>49                       | 3                             | 48>39>49             | 5                        |
| 48>16>49              | 5                            | 48>34>49                       | 5                             | 48>15>49             | 6                        |
| 48>12>49              | 5                            | 48>39>49                       | 18                            | 48>11>49             | 5                        |
|                       |                              | 48>15>49                       | 11                            | 48>32>49             | 14                       |
|                       |                              | 48>36>49                       | 11                            | 48>37>49             | 5                        |
|                       |                              | 48>37>49                       | 5                             | 48>17>49             | 5                        |
| SUM                   | 14                           |                                | 53                            |                      | 40                       |
| AVG                   | 4.67                         |                                | 8.83                          |                      | 6.67                     |

Pada skenario peta grid kecepatan maksimal 15 m/s dan jumlah node 70, evaluasi rute dilakukan pada skenario 9. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (lifetime route). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.31.

Berdasarkan pada Tabel 4.31 terlihat bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata memiliki jumlah transmisi paket sukses tertinggi ke-2 setelah GPSR dengan kecepatan realtime. Namun pada GPSR dengan kecepatan realtime memiliki 1 rute dengan jumlah hop 4. Sedangkan pada GPSR dengan kecepatan rata-rata dan GPSR original hanya 3 hop pada semua rute. Semakin banyak jumlah hop, menyebabkan energi yang digunakan untuk mencapai node tujuan lebih banyak.

Tabel 4.31. Evaluasi Rute Grid Kec 15 m/s 70 Node

| Rute GPSR<br>Original | Lifetime<br>GPSR<br>Original | Rute GPSR<br>Kec Rata-<br>rata | Lifetime<br>Kec Rata-<br>rata | Rute Kec<br>Realtime | Lifetime Kec<br>Realtime |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------------|
| 68>53>69              | 5                            | 68>50>69                       | 2                             | 68>62>69             | 27                       |
| 68>50>69              | 17                           | 68>3>69                        | 5                             | 68>36>45>69          | 15                       |
| 68>3>69               | 6                            | 68>65>69                       | 47                            | 68>37>69             | 17                       |
| 68>10>69              | 2                            |                                |                               |                      |                          |
| 68>47>69              | 1                            |                                |                               |                      |                          |
| SUM                   | 31                           |                                | 54                            |                      | 59                       |
| AVG                   | 6.2                          |                                | 18                            |                      | 19.67                    |

Pada skenario peta grid kecepatan maksimal 15 m/s dan jumlah node 90, evaluasi rute dilakukan pada skenario 3. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (lifetime route). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.32.

Berdasarkan pada Tabel 4.32 terlihat bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata memiliki jumlah transmisi paket sukses tertinggi.

Tabel 4.32. Evaluasi Rute Grid Kec 15 m/s 90 Node

| Rute GPSR<br>Original | Lifetime<br>GPSR<br>Original | Rute GPSR<br>Kec Rata-<br>rata | Lifetime<br>Kec Rata-<br>rata | Rute Kec<br>Realtime | Lifetime Kec<br>Realtime |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------------|
| 88>66>89              | 5                            | 88>74>89                       | 5                             | 88>7>89              | 5                        |
| 88>74>89              | 1                            | 88>63>89                       | 1                             | 88>4>89              | 5                        |
| 88>3>89               | 4                            | 88>31>89                       | 5                             | 88>5>89              | 5                        |
| 88>63>89              | 61                           | 88>4>89                        | 5                             | 88>77>89             | 71                       |
| 88>23>89              | 3                            | 88>77>89                       | 71                            |                      |                          |
| 88>9>89               | 4                            |                                |                               |                      |                          |
| 88>32>89              | 1                            |                                |                               |                      |                          |
| SUM                   | 79                           |                                | 87                            |                      | 86                       |
| AVG                   | 11.29                        |                                | 17.4                          |                      | 21.5                     |

#### 4.3.3.1.4 Kecepatan Maksimal 20 m/s

Pada skenario peta grid kecepatan maksimal 20 m/s dan jumlah node 30, evaluasi rute dilakukan pada skenario 2. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel

daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (lifetime route). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.33.

Tabel 4.33. Evaluasi Rute Grid Kec 20 m/s 30 Node

| Rute GPSR<br>Original | Lifetime<br>GPSR<br>Original | Rute GPSR<br>Kec Rata-<br>rata | Lifetime<br>Kec Rata-<br>rata | Rute Kec<br>Realtime | Lifetime Kec<br>Realtime |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------------|
| 28>7>29               | 2                            | 28>7>29                        | 2                             | 28>27>6>29           | 1                        |
| 28>24>29              | 48                           | 28>24>29                       | 46                            | 28>15>29             | 18                       |
| 28>5>29               | 7                            | 28>5>29                        | 7                             | 28>24>29             | 40                       |
|                       |                              | 28>17>29                       | 4                             | 28>5>29              | 1                        |
|                       |                              |                                |                               | 28>17>29             | 5                        |
| SUM                   | 57                           |                                | 59                            |                      | 65                       |
| AVG                   | 19                           |                                | 14.75                         |                      | 13                       |

Berdasarkan pada Tabel 4.33 terlihat bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata memiliki jumlah transmisi paket sukses tertinggi ke-2 setelah GPSR dengan kecepatan realtime. Namun pada GPSR dengan kecepatan realtime memiliki 1 rute dengan jumlah hop 4. Sedangkan pada GPSR dengan kecepatan rata-rata dan GPSR original hanya 3 hop pada semua rute. Semakin banyak jumlah hop, menyebabkan energi yang digunakan untuk mencapai node tujuan lebih banyak.

Pada skenario peta grid kecepatan maksimal 20 m/s dan jumlah node 50, evaluasi rute dilakukan pada skenario 8. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (lifetime route). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.34.

Berdasarkan pada Tabel 4.34 terlihat bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata memiliki jumlah transmisi paket sukses tertinggi ke-2 setelah GPSR dengan kecepatan realtime. Namun pada GPSR dengan kecepatan realtime memiliki 1 rute dengan jumlah hop 4. Sedangkan pada GPSR dengan kecepatan rata-rata dan GPSR original hanya 3 hop pada semua rute. Semakin banyak jumlah hop, menyebabkan energi yang digunakan untuk mencapai node tujuan lebih banyak. Selain itu GPSR dengan kecepatan rata-rata memiliki jumlah rute lebih sedikit dibandingkan dengan GPSR dengan kecepatan realtime. Hal ini disebabkan karena GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih jarang terjadi perubahan rute. Hal ini berarti bahwa GPSR

dengan kecepatan rata-rata sedikit terjadi perubahan rute, namun tetap tinggi dalam transmisi paket yang sukses.

Tabel 4.34. Evaluasi Rute Grid Kec 20 m/s 50 Node

| Rute GPSR<br>Original | Lifetime<br>GPSR<br>Original | Rute GPSR<br>Kec Rata-<br>rata | Lifetime<br>Kec Rata-<br>rata | Rute Kec<br>Realtime | Lifetime Kec<br>Realtime |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------------|
| 48>18>49              | 1                            | 48>18>49                       | 5                             | 48>31>22>49          | 3                        |
| 48>26>49              | 4                            | 48>26>49                       | 4                             | 48>18>49             | 10                       |
| 48>10>49              | 29                           | 48>42>49                       | 4                             | 48>42>49             | 4                        |
| 48>31>49              | 17                           | 48>10>49                       | 21                            | 48>10>49             | 18                       |
| 48>29>49              | 22                           | 48>31>49                       | 20                            | 48>31>46>49          | 21                       |
| 48>17>49              | 40                           | 48>36>49                       | 23                            | 48>31>49             | 45                       |
|                       |                              | 48>29>49                       | 4                             | 48>36>49             | 18                       |
|                       |                              | 48>17>49                       | 40                            | 48>32>49             | 4                        |
|                       |                              |                                |                               | 48>29>49             | 1                        |
|                       |                              |                                |                               | 48>17>49             | 21                       |
| SUM                   | 113                          |                                | 121                           |                      | 145                      |
| AVG                   | 18.83                        |                                | 15.13                         |                      | 14.50                    |

Pada skenario peta grid kecepatan maksimal 20 m/s dan jumlah node 70, evaluasi rute dilakukan pada skenario 6. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (lifetime route). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.35.

Berdasarkan pada Tabel 4.35 terlihat bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata memiliki jumlah transmisi paket sukses tertinggi ke-2 setelah GPSR dengan kecepatan realtime. Namun pada GPSR dengan kecepatan realtime memiliki 1 rute dengan jumlah hop 4. Sedangkan pada GPSR dengan kecepatan rata-rata dan GPSR original hanya 3 hop pada semua rute. Semakin banyak jumlah hop, menyebabkan energi yang digunakan untuk mencapai node tujuan lebih banyak. Selain itu GPSR dengan kecepatan rata-rata memiliki jumlah rute lebih sedikit dibandingkan dengan GPSR original dan GPSR dengan kecepatan realtime. Hal ini disebabkan karena GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih jarang terjadi perubahan rute. Hal ini berarti bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata sedikit terjadi perubahan rute, namun tetap tinggi dalam transmisi paket yang sukses.

Tabel 4.35. Evaluasi Rute Grid Kec 20 m/s 70 Node

| Rute GPSR<br>Original | Lifetime<br>GPSR<br>Original | Rute GPSR<br>Kec Rata-<br>rata | Lifetime<br>Kec Rata-<br>rata | Rute Kec<br>Realtime | Lifetime Kec<br>Realtime |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------------|
| 68>15>69              | 51                           | 68>15>69                       | 5                             | 68>41>69             | 4                        |
| 68>31>69              | 22                           | 68>31>69                       | 65                            | 68>66>69             | 14                       |
| 68>4>69               | 6                            | 68>4>69                        | 58                            | 68>46>69             | 43                       |
| 68>12>69              | 5                            |                                |                               | 68>10>69             | 17                       |
|                       |                              |                                |                               | 68>63>69             | 14                       |
|                       |                              |                                |                               | 68>15>69             | 5                        |
|                       |                              |                                |                               | 68>31>69             | 37                       |
|                       |                              |                                |                               | 68>4>69              | 30                       |
|                       |                              |                                |                               | 68>46>14>69          | 1                        |
|                       |                              |                                |                               | 68>52>69             | 6                        |
| SUM                   | 84                           |                                | 128                           |                      | 171                      |
| AVG                   | 21                           |                                | 42.67                         |                      | 17.1                     |

Pada skenario peta grid kecepatan maksimal 20 m/s dan jumlah node 90, evaluasi rute dilakukan pada skenario 5. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (lifetime route). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.36.

Berdasarkan pada Tabel 4.36 terlihat bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata memiliki jumlah transmisi paket sukses tertinggi.

Tabel 4.36. Evaluasi Rute Grid Kec 20 m/s 90 Node

| Rute GPSR<br>Original | Lifetime<br>GPSR<br>Original | Rute GPSR<br>Kec Rata-<br>rata | Lifetime<br>Kec Rata-<br>rata | Rute Kec<br>Realtime | Lifetime Kec<br>Realtime |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------------|
| 88>25>89              | 24                           | 88>73>89                       | 20                            | 88>37>89             | 36                       |
|                       |                              | 88>37>89                       | 44                            | 88>30>89             | 11                       |
|                       |                              | 88>67>89                       | 47                            | 88>47>89             | 10                       |
|                       |                              | 88>48>89                       | 15                            | 88>76>89             | 7                        |
|                       |                              | 88>24>89                       | 20                            | 88>48>89             | 25                       |
|                       |                              |                                |                               | 88>24>89             | 14                       |
| SUM                   | 24                           |                                | 146                           |                      | 103                      |
| AVG                   | 24                           |                                | 29.2                          |                      | 17.17                    |

#### 4.3.3.1.5 Kecepatan Maksimal 25 m/s

Tabel 4.37. Evaluasi Rute Grid Kec 25 m/s 30 Node

| Rute GPSR<br>Original | Lifetime<br>GPSR<br>Original | Rute GPSR<br>Kec Rata-<br>rata | Lifetime<br>Kec Rata-<br>rata | Rute Kec<br>Realtime | Lifetime Kec<br>Realtime |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------------|
| 28>2>29               | 4                            | 28>3>29                        | 8                             | 28>2>29              | 5                        |
| 28>19>29              | 11                           | 28>19>29                       | 11                            | 28>14>29             | 5                        |
| 28>16>29              | 25                           | 28>16>29                       | 24                            | 28>3>29              | 5                        |
|                       |                              |                                |                               | 28>14>17>29          | 3                        |
|                       |                              |                                |                               | 28>19>29             | 12                       |
|                       |                              |                                |                               | 28>14>11>29          | 1                        |
|                       |                              |                                |                               | 28>16>29             | 12                       |
|                       |                              |                                |                               | 28>13>29             | 1                        |
| SUM                   | 40                           |                                | 43                            |                      | 44                       |
| AVG                   | 13.33                        |                                | 14.33                         |                      | 5.5                      |

Pada skenario peta grid kecepatan maksimal 25 m/s dan jumlah node 30, evaluasi rute dilakukan pada skenario 4. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (lifetime route). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.37.

Berdasarkan pada Tabel 4.37 terlihat bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata memiliki jumlah transmisi paket sukses tertinggi ke-2 setelah GPSR dengan

kecepatan realtime. Namun pada GPSR dengan kecepatan realtime memiliki 2 rute dengan jumlah hop 4. Sedangkan pada GPSR dengan kecepatan rata-rata dan GPSR original hanya 3 hop pada semua rute. Semakin banyak jumlah hop, menyebabkan energi yang digunakan untuk mencapai node tujuan lebih banyak. Selain itu GPSR dengan kecepatan rata-rata memiliki jumlah rute lebih sedikit dibandingkan dengan GPSR dengan kecepatan realtime. Hal ini disebabkan karena GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih jarang terjadi perubahan rute. Hal ini berarti bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata sedikit terjadi perubahan rute, namun tetap tinggi dalam transmisi paket yang sukses.

Tabel 4.38. Evaluasi Rute Grid Kec 25 m/s 50 Node

| Rute GPSR Original | Lifetime GPSR Original | Rute GPSR Kec Rata-rata | Lifetime Kec Rata-rata | Rute Kec Realtime | Lifetime Kec Realtime |
|--------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------|-----------------------|
| 48>2>49            | 6                      | 48>31>49                | 38                     | 48>27>49          | 3                     |
| 48>39>49           | 1                      | 48>24>49                | 4                      | 48>31>49          | 28                    |
| 48>31>49           | 26                     | 48>29>49                | 5                      | 48>16>49          | 4                     |
| 48>12>49           | 6                      |                         |                        | 48>24>49          | 8                     |
| 48>29>49           | 4                      |                         |                        | 48>27>20>49       | 1                     |
| 48>45>49           | 1                      |                         |                        | 48>27>40>49       | 4                     |
|                    |                        |                         |                        | 48>33>49          | 5                     |
| SUM                | 44                     |                         | 47                     |                   | 53                    |
| AVG                | 7.33                   |                         | 15.67                  |                   | 7.57                  |

Pada skenario peta grid kecepatan maksimal 25 m/s dan jumlah node 50, evaluasi rute dilakukan pada skenario 7. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (lifetime route). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.38.

Berdasarkan pada Tabel 4.38 terlihat bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata memiliki jumlah transmisi paket sukses tertinggi ke-2 setelah GPSR dengan kecepatan realtime. Namun pada GPSR dengan kecepatan realtime memiliki 2 rute dengan jumlah hop 4. Sedangkan pada GPSR dengan kecepatan rata-rata dan GPSR original hanya 3 hop pada semua rute. Semakin banyak jumlah hop, menyebabkan energi yang digunakan untuk mencapai node tujuan lebih banyak. Selain itu GPSR



dengan kecepatan rata-rata memiliki jumlah rute lebih sedikit dibandingkan dengan GPSR original dan GPSR dengan kecepatan realtime. Hal ini disebabkan karena GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih jarang terjadi perubahan rute. Hal ini berarti bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata sedikit terjadi perubahan rute, namun tetap tinggi dalam transmisi paket yang sukses.

Tabel 4.39. Evaluasi Rute Grid Kec 25 m/s 70 Node

| Rute GPSR Original | Lifetime GPSR Original | Rute GPSR Kec Rata-rata | Lifetime Kec Rata-rata | Rute Kec Realtime | Lifetime Kec Realtime |
|--------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------|-----------------------|
| 68>63>69           | 46                     | 68>45>69                | 5                      | 68>13>69          | 7                     |
| 68>36>69           | 5                      | 68>34>69                | 3                      | 68>30>69          | 2                     |
|                    |                        | 68>63>69                | 56                     | 68>63>69          | 57                    |
|                    |                        | 68>27>69                | 1                      | 68>27>69          | 1                     |
|                    |                        | 68>44>69                | 1                      | 68>36>69          | 4                     |
|                    |                        |                         |                        | 68>44>69          | 1                     |
| SUM                | 51                     |                         | 66                     |                   | 72                    |
| AVG                | 25.5                   |                         | 13.2                   |                   | 12                    |

Pada skenario peta grid kecepatan maksimal 25 m/s dan jumlah node 70, evaluasi rute dilakukan pada skenario 9. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (lifetime route). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.39.

Pada skenario peta grid kecepatan maksimal 25 m/s dan jumlah node 90, evaluasi rute dilakukan pada skenario 2. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (lifetime route). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.40.

Berdasarkan pada Tabel 4.40 terlihat bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata memiliki jumlah transmisi paket sukses tertinggi. Selain itu GPSR dengan kecepatan rata-rata memiliki jumlah rute lebih sedikit dibandingkan dengan GPSR original dan GPSR dengan kecepatan realtime. Hal ini disebabkan karena GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih jarang terjadi perubahan rute. Hal ini berarti bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata sedikit terjadi perubahan rute, namun tetap tinggi dalam transmisi paket yang sukses.

Tabel 4.40. Evaluasi Rute Grid Kec 25 m/s 90 Node

| Rute GPSR<br>Original | Lifetime<br>GPSR<br>Original | Rute GPSR<br>Kec Rata-<br>rata | Lifetime<br>Kec Rata-<br>rata | Rute Kec<br>Realtime | Lifetime Kec<br>Realtime |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------------|
| 88>49>89              | 4                            | 88>58>89                       | 6                             | 88>21>89             | 2                        |
| 88>57>89              | 5                            | 88>80>89                       | 28                            | 88>46>89             | 40                       |
| 88>25>89              | 6                            | 88>52>89                       | 44                            | 88>80>89             | 26                       |
| 88>30>89              | 24                           |                                |                               | 88>52>89             | 4                        |
| 88>9>89               | 1                            |                                |                               |                      |                          |
| 88>52>89              | 15                           |                                |                               |                      |                          |
| 88>24>89              | 4                            |                                |                               |                      |                          |
| 88>40>89              | 6                            |                                |                               |                      |                          |
| SUM                   | 65                           |                                | 78                            |                      | 72                       |
| AVG                   | 8.13                         |                                | 26                            |                      | 18                       |

#### 4.3.3.2 Skenario Real – Protokol

Pada skenario peta real di lingkungan jalan protokol dan jumlah node 30, evaluasi rute dilakukan pada skenario 9. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (lifetime route). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.41.

Tabel 4.41. Evaluasi Rute Real Protokol 30 Node

| Rute GPSR<br>Original | Lifetime<br>GPSR<br>Original | Rute GPSR<br>Kec Rata-rata | Lifetime<br>Kec Rata-<br>rata | Rute Kec<br>Realtime | Lifetime<br>Kec<br>Realtime |
|-----------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 28>8>25>29            | 26                           | 28>8>25>29                 | 31                            | 28>8>25>29           | 28                          |
| 28>8>6>29             | 9                            | 28>8>6>29                  | 7                             | 28>8>6>29            | 6                           |
| 28>8>10>29            | 10                           | 28>8>10>29                 | 15                            | 28>8>29              | 21                          |
| 28>8>29               | 21                           | 28>8>29                    | 101                           | 28>9>29              | 2                           |
| 28>8>15>29            | 1                            | 28>25>29                   | 27                            | 28>25>29             | 26                          |
| 28>9>29               | 2                            |                            |                               |                      |                             |
| 28>25>29              | 27                           |                            |                               |                      |                             |
| SUM                   | 96                           |                            | 181                           |                      | 83                          |
| AVG                   | 13.71                        |                            | 36.2                          |                      | 16.6                        |

Berdasarkan pada Tabel 4.41 terlihat bahwa rata-rata jumlah paket yang sukses lebih tinggi pada GPSR dengan kecepatan rata-rata. Bila dibandingkan setiap rute yang sama pada ketiga metode, GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih banyak jumlah transmisi yang sukses.

Pada skenario peta real di lingkungan jalan protokol dan jumlah node 50, evaluasi rute dilakukan pada skenario 5. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (lifetime route). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.42.

Tabel 4.42. Evaluasi Rute Real Protokol 50 Node

| Rute GPSR<br>Original | Lifetime<br>GPSR<br>Original | Rute GPSR<br>Kec Rata-<br>rata | Lifetime<br>Kec<br>Rata-rata | Rute Kec<br>Realtime | Lifetime<br>Kec<br>Realtime |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 48>31>49              | 42                           | 48>31>49                       | 42                           | 48>31>49             | 42                          |
| 48>4>49               | 93                           | 48>4>49                        | 102                          | 48>4>49              | 98                          |
| SUM                   | 135                          |                                | 144                          |                      | 140                         |
| AVG                   | 67.5                         |                                | 72                           |                      | 70                          |

Berdasarkan pada Tabel 4.42 terlihat bahwa rata-rata jumlah paket yang sukses lebih tinggi pada GPSR dengan kecepatan rata-rata. Bila dibandingkan setiap rute yang sama pada ketiga metode, GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih banyak jumlah transmisi yang sukses.

Pada skenario peta real di lingkungan jalan protokol dan jumlah node 70, evaluasi rute dilakukan pada skenario 2. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (lifetime route). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.43.

Tabel 4.43. Evaluasi Rute Real Protokol 70 Node

| Rute GPSR<br>Original | Lifetime<br>GPSR<br>Original | Rute GPSR<br>Kec Rata-<br>rata | Lifetime<br>Kec<br>Rata-rata | Rute Kec<br>Realtime | Lifetime<br>Kec<br>Realtime |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 68>2>69               | 14                           | 68>58>69                       | 58                           | 68>58>69             | 10                          |
| 68>58>69              | 42                           | 68>35>69                       | 40                           | 68>54>69             | 3                           |
|                       |                              | 68>60>69                       | 11                           | 68>54>11>69          | 6                           |
|                       |                              |                                |                              | 68>54>2>69           | 13                          |
|                       |                              |                                |                              | 68>54>22>69          | 5                           |
|                       |                              |                                |                              | 68>54>24>69          | 4                           |
| SUM                   | 56                           |                                | 109                          |                      | 41                          |
| AVG                   | 28                           |                                | 36.33                        |                      | 6.83                        |

Berdasarkan pada Tabel 4.43 terlihat bahwa rata-rata jumlah paket yang sukses lebih tinggi pada GPSR dengan kecepatan rata-rata. Bila dibandingkan setiap rute yang sama pada ketiga metode, GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih banyak jumlah transmisi yang sukses. Berdasarkan tabel tersebut terlihat bahwa rute pada GPSR dengan kecepatan realtime lebih panjang dibandingkan dengan GPSR dengan kecepatan rata-rata dan original. Hal ini terjadi karena pada GPSR dengan kecepatan realtime, next hop yang dipilih adalah node yang berada di area komunikasi optimal yang memiliki selisih kecepatan realtime terkecil. Sedangkan pada GPSR original merupakan node tetangga terluar, dan pada GPSR dengan kecepatan rata-rata menggunakan faktor kecepatan rata-rata. Sehingga rute yang dipilih memiliki kemungkinan lebih pendek.

Pada skenario peta real di lingkungan jalan protokol dan jumlah node 90, evaluasi rute dilakukan pada skenario 6. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (lifetime route). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.44.

Tabel 4.44. Evaluasi Rute Real Protokol 90 Node

| Rute GPSR<br>Original | Lifetime<br>GPSR<br>Original | Rute GPSR<br>Kec Rata-<br>rata | Lifetime<br>Kec<br>Rata-rata | Rute Kec<br>Realtime | Lifetime<br>Kec<br>Realtime |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 88>78>89              | 32                           | 88>78>89                       | 78                           | 88>78>89             | 63                          |
| 88>35>89              | 5                            |                                |                              | 88>18>89             | 8                           |
| 88>72>89              | 4                            |                                |                              |                      |                             |
| SUM                   | 41                           |                                | 78                           |                      | 71                          |
| AVG                   | 13.67                        |                                | 78                           |                      | 35.5                        |

Berdasarkan pada Tabel 4.44 terlihat bahwa rata-rata jumlah paket yang sukses lebih tinggi pada GPSR dengan kecepatan rata-rata. Bila dibandingkan setiap rute yang sama pada ketiga metode, GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih banyak jumlah transmisi yang sukses. Pada GPSR dengan kecepatan rata-rata, jumlah rute lebih sedikit dibandingkan dengan GPSR original dan GPSR dengan kecepatan realtime. Hal ini disebabkan karena GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih jarang terjadi perubahan rute. Hal ini berarti bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata sedikit terjadi perubahan rute, namun tetap tinggi dalam transmisi paket yang sukses.

#### 4.3.3.3 Skenario Real - Perumahan

Pada skenario peta real di lingkungan perumahan dan jumlah node 30, evaluasi rute dilakukan pada skenario 9. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (*lifetime route*). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.45.

Tabel 4.45. Evaluasi Rute Real Perumahan 30 Node

| Rute GPSR<br>Original | Lifetime<br>GPSR<br>Original | Rute GPSR<br>Kec Rata-<br>rata | Lifetime<br>Kec<br>Rata-rata | Rute Kec<br>Realtime | Lifetime<br>Kec<br>Realtime |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 28>2>29               | 5                            | 28>22>29                       | 5                            | 28>22>29             | 4                           |
| 28>7>29               | 4                            | 28>3>29                        | 10                           | 28>3>29              | 4                           |
| 28>3>29               | 9                            | 28>15>29                       | 5                            | 28>23>29             | 15                          |
| 28>15>29              | 11                           | 28>23>29                       | 10                           | 28>11>29             | 6                           |
| 28>11>29              | 4                            | 28>11>29                       | 15                           | 28>12>29             | 5                           |
| 28>0>29               | 1                            | 28>0>29                        | 5                            | 28>6>29              | 7                           |
| 28>9>29               | 10                           |                                |                              | 28>13>29             | 4                           |
| 28>25>29              | 5                            |                                |                              |                      |                             |
| SUM                   | 49                           |                                | 50                           |                      | 45                          |
| AVG                   | 6.13                         |                                | 8.33                         |                      | 6.43                        |

Berdasarkan pada Tabel 4.45 terlihat bahwa rata-rata jumlah paket yang sukses lebih tinggi pada GPSR dengan kecepatan rata-rata. Bila dibandingkan setiap rute yang sama pada ketiga metode, GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih banyak jumlah transmisi yang sukses. Pada GPSR dengan kecepatan rata-rata, jumlah rute lebih sedikit dibandingkan dengan GPSR original dan GPSR dengan kecepatan realtime. Hal ini disebabkan karena GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih jarang terjadi perubahan rute. Hal ini berarti bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata sedikit terjadi perubahan rute, namun tetap tinggi dalam transmisi paket yang sukses.

Tabel 4.46. Evaluasi Rute Real Perumahan 50 Node

| Rute GPSR<br>Original | Lifetime<br>GPSR<br>Original | Rute GPSR<br>Kec Rata-<br>rata | Lifetime<br>Kec<br>Rata-rata | Rute Kec<br>Realtime | Lifetime<br>Kec<br>Realtime |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 48>34>49              | 2                            | 48>34>49                       | 5                            | 48>21>49             | 1                           |
| 48>30>49              | 4                            | 48>39>49                       | 31                           | 48>38>49             | 5                           |
| 48>39>49              | 24                           | 48>15>49                       | 4                            | 48>34>49             | 6                           |
| 48>15>49              | 4                            | 48>20>49                       | 9                            | 48>39>49             | 25                          |
| 48>24>49              | 4                            |                                |                              | 48>20>49             | 9                           |
| SUM                   | 38                           |                                | 49                           |                      | 46                          |
| AVG                   | 7.6                          |                                | 12.25                        |                      | 9.2                         |

Pada skenario peta real di lingkungan perumahan dan jumlah node 50, evaluasi rute dilakukan pada skenario 7. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (*lifetime route*). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.46. Berdasarkan pada Tabel 4.46 terlihat bahwa rata-rata jumlah paket yang sukses lebih tinggi pada GPSR dengan kecepatan rata-rata. Bila dibandingkan setiap rute yang sama pada ketiga metode, GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih banyak jumlah transmisi yang sukses. Pada GPSR dengan kecepatan rata-rata, jumlah rute lebih sedikit dibandingkan dengan GPSR original dan GPSR dengan kecepatan realtime. Hal ini disebabkan karena GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih jarang terjadi perubahan rute. Hal ini berarti bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata sedikit terjadi perubahan rute, namun tetap tinggi dalam transmisi paket yang sukses.

Pada skenario peta real di lingkungan perumahan dan jumlah node 70, evaluasi rute dilakukan pada skenario 1. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (*lifetime route*). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.47. Berdasarkan pada Tabel 4.47 terlihat bahwa rata-rata jumlah paket yang sukses lebih tinggi pada GPSR dengan kecepatan rata-rata. Bila dibandingkan setiap rute yang sama pada ketiga metode, GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih banyak jumlah transmisi yang sukses.

Tabel 4.47. Evaluasi Rute Real Perumahan 70 Node

| Rute GPSR<br>Original | Lifetime<br>GPSR<br>Original | Rute GPSR<br>Kec Rata-<br>rata | Lifetime<br>Kec<br>Rata-rata | Rute Kec<br>Realtime | Lifetime<br>Kec<br>Realtime |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 68>6>69               | 5                            | 68>62>69                       | 63                           | 68>62>69             | 33                          |
| 68>62>69              | 4                            | 68>67>69                       | 12                           | 68>30>69             | 4                           |
| 68>14>69              | 5                            | 68>56>69                       | 6                            | 68>67>69             | 10                          |
| 68>3>69               | 5                            |                                |                              | 68>44>69             | 5                           |
| 68>11>69              | 10                           |                                |                              | 68>32>69             | 25                          |
| 68>56>69              | 21                           |                                |                              |                      |                             |
| 68>12>69              | 6                            |                                |                              |                      |                             |
| 68>20>69              | 1                            |                                |                              |                      |                             |
| SUM                   | 57                           |                                | 81                           |                      | 77                          |
| AVG                   | 7.125                        |                                | 27                           |                      | 15.4                        |

Berdasarkan pada Tabel 4.47, GPSR dengan kecepatan rata-rata, jumlah rute lebih sedikit dibandingkan dengan GPSR original dan GPSR dengan kecepatan realtime. Hal ini disebabkan karena GPSR dengan kecepatan rata-rata lebih jarang terjadi perubahan rute. Hal ini berarti bahwa GPSR dengan kecepatan rata-rata sedikit terjadi perubahan rute, namun tetap tinggi dalam transmisi paket yang sukses.

Pada skenario peta real di lingkungan perumahan dan jumlah node 90, evaluasi rute dilakukan pada skenario 10. Data evaluasi disajikan dalam bentuk tabel daftar rute yang sukses dan jumlah transmisi paket data yang melalui rute tersebut (*lifetime route*). Tabel evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.48.

Berdasarkan pada Tabel 4.48, terlihat bahwa lifetime pada GPSR dengan kecepatan realtime lebih unggul 1 transmisi sukses, dibandingkan GPSR original dan GPSR dengan kecepatan rata-rata. Namun, meskipun lebih unggul, GPSR dengan kecepatan realtime memiliki 4 rute dengan jumlah hop 4. Sedangkan pada GPSR dengan kecepatan rata-rata dan GPSR original hanya 3 hop pada semua rute. Semakin banyak jumlah hop, menyebabkan energi yang digunakan untuk mencapai node tujuan lebih banyak.



Tabel 4.48. Evaluasi Rute Real Perumahan 90 Node

| Rute GPSR<br>Original | Lifetime<br>GPSR<br>Original | Rute GPSR<br>Kec Rata-<br>rata | Lifetime<br>Kec<br>Rata-rata | Rute Kec<br>Realtime | Lifetime<br>Kec<br>Realtime |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 88>29>89              | 4                            | 88>6>89                        | 5                            | 88>57>89             | 5                           |
| 88>37>89              | 5                            | 88>21>89                       | 6                            | 88>6>24>89           | 1                           |
| 88>45>89              | 11                           | 88>2>89                        | 3                            | 88>65>89             | 30                          |
| 88>17>89              | 5                            | 88>38>89                       | 4                            | 88>39>79>89          | 4                           |
| 88>41>89              | 4                            | 88>42>89                       | 11                           | 88>53>79>89          | 1                           |
| 88>78>89              | 5                            | 88>30>89                       | 13                           | 88>30>89             | 5                           |
| 88>63>89              | 4                            | 88>10>89                       | 4                            | 88>80>89             | 4                           |
| 88>23>89              | 6                            | 88>39>89                       | 1                            | 88>16>89             | 9                           |
| 88>4>89               | 15                           | 88>36>89                       | 5                            | 88>52>89             | 15                          |
| 88>48>89              | 5                            | 88>52>89                       | 21                           | 88>32>89             | 12                          |
| 88>36>89              | 12                           | 88>32>89                       | 4                            | 88>22>24>89          | 1                           |
| 88>5>89               | 10                           | 88>5>89                        | 9                            |                      |                             |
| SUM                   | 86                           |                                | 86                           |                      | 87                          |
| AVG                   | 7,17                         |                                | 7,17                         |                      | 7,91                        |

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Pengujian dan analisa yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan berikut.

1. Modifikasi metode greedy forwarding pada GPSR dengan menambahkan faktor kecepatan dan arah gerak kendaraan dapat dilakukan pada saat pemilihan nexthop. Pada saat beacon message, setiap node akan menyebarkan informasi rata-rata kecepatan atau kecepatan saat itu dan informasi posisi saat waktu beacon sebelumnya dan posisi saat ini. Setelah tetangga menerima beacon message, informasi tersebut akan disimpan dalam neighbor table. Neighbor table ini digunakan sebagai acuan dalam mengambil keputusan. Pada modifikasi GPSR ini, terdapat kandidat nexthop yang merupakan node-node yang berada dalam area komunikasi optimum. Selanjutnya dari node-node yang berada pada area komunikasi optimum, akan dilakukan seleksi pemilihan *forwarding* node. Node yang layak menjadi *forwarding* node adalah node yang paling minimal perbedaan rata-rata geometrik kecepatannya dan bergerak mendekati node tujuan.
2. Berdasarkan pada uji coba yang telah dilakukan, pada skenario grid, nilai rata-rata PDR pada GPSR dengan kecepatan rata-rata mengalami peningkatan terbesar 50.05 % dibandingkan dengan GPSR Original. Peningkatan ini terjadi pada skenario dengan jumlah node 90 dan kecepatan maksimal 20 m/s. Pada skenario grid GPSR dengan kecepatan rata-rata dibandingkan dengan GPSR original, mengalami penurunan E2D terbesar adalah 1.91 ms yang terjadi pada skenario dengan jumlah node 70 dan kecepatan maksimal 25 m/s. Pada peta real di lingkungan jalan protokol, peningkatan terbesar PDR GPSR dengan kecepatan rata-rata dibandingkan dengan GPSR original adalah 17.26%, yang terjadi pada skenario 90 node. Nilai E2D antara GPSR dengan kecepatan rata-rata dan GPSR original hampir sama, peningkatan/penurunan kurang dari 1 ms. Pada skenario node 90, E2D mengalami penurunan sebesar 0.27 ms. Pada peta real di lingkungan perumahan, peningkatan PDR terbesar adalah 31.79 % yang

terjadi pada skenario 90 node. Nilai E2D mengalami penurunan terbesar saat skenario 90 node sebesar 0.43 ms. Sedangkan nilai routing overhead, antara GPSR original dan GPSR dengan kecepatan rata-rata tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

3. Berdasarkan pada uji coba yang telah dilakukan, pada skenario grid, nilai rata-rata *lifetime route* pada GPSR dengan kecepatan rata-rata mengalami peningkatan terbesar 103,2 % dibandingkan dengan GPSR Original. Peningkatan ini terjadi pada skenario grid kecepatan maksimal 20 m/s dengan 70 node. Pada skenario real protokol, nilai rata-rata *lifetime route* pada GPSR dengan kecepatan rata-rata mengalami peningkatan terbesar 470,6 % dibandingkan dengan GPSR Original. Peningkatan ini terjadi pada skenario real peta protokol dengan jumlah node 90. Pada skenario real peta perumahan, nilai rata-rata *lifetime route* pada GPSR dengan kecepatan rata-rata mengalami peningkatan terbesar 180,7 % dibandingkan dengan GPSR Original. Peningkatan ini terjadi pada skenario real peta protokol dengan jumlah node 70.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya.

1. Pemilihan *forwarding node* dengan mempertimbangkan faktor kepadatan node.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-sultan, S. *dkk.* (2014) “Journal of Network and Computer Applications A comprehensive survey on vehicular Ad Hoc network,” *Journal of Network and Computer Applications*. Elsevier, 37, hal. 380–392. doi: 10.1016/j.jnca.2013.02.036.
- Cui, Z. *dkk.* (2016) “The Next-Hop Node Selection Based GPSR in Vehicular Ad Hoc Networks,” *Journal of Computer and Communications*, 04(10), hal. 44–56. doi: 10.4236/jcc.2016.410005.
- Cunha, F. *dkk.* (2016) “Data communication in VANETs: Protocols, applications and challenges,” *Ad Hoc Networks*. Elsevier B.V., 44, hal. 90–103. doi: 10.1016/j.adhoc.2016.02.017.
- Eiza, M. H. *dkk.* (2013) “Investigation of routing reliability of vehicular ad hoc networks,” *Eurasip Journal on Wireless Communications and Networking*, 2013(1), hal. 1–15. doi: 10.1186/1687-1499-2013-179.
- Gerlach, M. (2006) “Assessing and Improving Privacy in VANETs,” *Proceedings of Fourth Workshop on Embedded Security in Cars ESCAR*. Tersedia pada: <http://www.network-on-wheels.de/downloads/escar2006gerlach.pdf>.
- Granelli, F. *dkk.* (2007) “Enhanced GPSR Routing in Multi-Hop Vehicular Communications through Movement Awareness,” *IEEE Communications Letters*, 11(10), hal. 781–783. doi: 10.1109/LCOMM.2007.070685.
- Harsch, C., Festag, A. dan Papadimitratos, P. (2007) “Secure position-based routing for VANETs,” *IEEE Vehicular Technology Conference*, hal. 26–30. doi: 10.1109/VETECF.2007.22.
- Houssaini, Z. S. *dkk.* (2016) “Improvement of GPSR protocol by using future position estimation of participating nodes in vehicular ad-hoc Networks,” in *2016 International Conference on Wireless Networks and Mobile Communications (WINCOM)*, hal. 87–94. doi: 10.1109/WINCOM.2016.7777196.
- Karp, B. dan Kung, H. T. (2000) “GPSR : Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks,” *6th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom)*, (MobiCom), hal. 243–254. doi:

10.1145/345910.345953.

Li, J., Wang, P. dan Wang, C. (2016) “Comprehensive GPSR Routing in VANET Communications with Adaptive Beacon Interval,” in *2016 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData)*, hal. 1–6. doi: 10.1109/iThings-GreenCom-CPSCom-SmartData.2016.28.

Manel, K. dan Lamia, C. (2017) “SODV speed based ad hoc on demand vector link routing protocol: A routing protocol for VANET networks,” in *2017 Sixth International Conference on Communications and Networking (ComNet)*, hal. 1–8. doi: 10.1109/COMNET.2017.8285587.

Rao, S. A. dkk. (2008) “GPSR-L: Greedy perimeter stateless routing with lifetime for VANETS,” in *2008 8th International Conference on ITS Telecommunications*, hal. 299–304. doi: 10.1109/ITST.2008.4740275.

Samara, G., Al-Salihy, W. A. dan Sures, R. (2010) “Security issues and challenges of Vehicular Ad Hoc Networks (VANET),” *4th International Conference on New Trends in Information Science and Service Science (NISS)*. IEEE, hal. 393–398. Tersedia pada: [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=5488583](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5488583).

Shelly, S. dan Babu, A. V. (2015) “Link Reliability Based Greedy Perimeter Stateless Routing for Vehicular Ad Hoc Networks,” *International Journal of Vehicular Technology*, 2015, hal. 1–16. doi: 10.1155/2015/921414.

Singh, S. dan Agrawal, S. (2014) “VANET routing protocols: Issues and challenges,” *2014 Recent Advances in Engineering and Computational Sciences, RA ECS 2014*. IEEE, hal. 1–5. doi: 10.1109/RA ECS.2014.6799625.

Ur Rehman, S. dkk. (2013) “Vehicular Ad-Hoc Networks (VANETs) - An Overview and Challenges,” *Journal of Wireless Networking and Communications*, 3(3), hal. 29–38. doi: 10.5923/j.jwnc.20130303.02.

Yang, X. dkk. (2018) “Improvement of GPSR Protocol in Vehicular Ad Hoc Network,” *IEEE Access*, 6, hal. 39515–39524. doi: 10.1109/ACCESS.2018.2853112.

## LAMPIRAN

### A.1 Kelas GPSRAgent

```
class GPSRAgent : public Agent {
private:
.....
    double myprevx;
    double myprevy;
    int n=0;
    double totalgeospeed[500];
    double avg_speed;
.....
double calculate_speed(double);
```

### A.2 Kode Program Fungsi calculate\_speed()

```
double GPSRAgent::calculate_speed(double speed) {
    double root = 0;
    double calculate_geospeed = 1;
    double avg_speed = 0;
    if(speed>0){
        totalgeospeed[n] = speed;
        n = n+1;
        root = (double)1/n;
        for (int i = 1; i <= n; ++i)
        {
            calculate_geospeed = calculate_geospeed *
pow(totalgeospeed[i-1], root);
        }
        avg_speed = calculate_geospeed;
    }
    else {
        n=0;
        avg_speed=0;
    }
    return avg_speed;
}
```

### A.3 Kode Program Penambahan Pada GPSR Packet

```
struct hdr_gpsr_hello {
.....
    float avg_speed;
    float prevx;
    float prevy;
.....
}
```

#### A.4 Kode Program Fungsi hellomsg()

```
void
GPSRAgent::hellomsg() {
    .....

    double avg_speed = calculate_speed((double)node_>speed());
    nblist_>myinfo(my_id_, my_x_, my_y_, avg_speed);

    ghh->avg_speed = (float)avg_speed;
    ghh->prevx = (float)myprevx;
    ghh->prevy = (float)myprevy;

    send(p, 0);

    myprevx = my_x_;
    myprevy = my_y_;

    .....
}
```

#### A.5 Struct GPSRNeighbor

```
struct gpsr_neighbor {
    .....

    double myprevx;
    double myprevy;
    double avg_speed;

    .....
};
```

#### A.6 Kode Program Fungsi RecvHello

```
void
GPSRAgent::recvHello(Packet *p) {

    struct hdr_cmh *cmh = HDR_CMN(p);
    struct hdr_gpsr_hello *ghh = HDR_GPSR_HELLO(p);

    nblist_>newNB(cmh->last_hop_, (double)ghh->x_, (double)ghh->y_,
    (double)ghh->prevx, (double)ghh->prevy, (double)ghh->avg_speed);
}
```

#### A.7 Kode Program Fungsi NewNB()

```
void
GPSRNeighbors::newNB(nsaddr_t nid, double nx, double ny, double
prevx, double prevy, double avg_speed){
```



```

    struct gpsr_neighbor *temp = getnb(nid);
    if(temp==NULL){ //it is a new neighbor
        temp=(struct                gpsr_neighbor*)malloc(sizeof(struct
gpsr_neighbor));
        temp->id_ = nid;
        temp->x_ = nx;
        temp->y_ = ny;

        /*START RISMA*/
        temp->myprevx = prevx;
        temp->myprevy = prevy;
        temp->avg_speed = avg_speed;
        /*END RISMA*/
        temp->ts_ = GPSR_CURRENT;
        temp->next_ = temp->prev_ = NULL;

        if(tail_ == NULL){ //the list now is empty
            head_ = tail_ = temp;
            nbSize_ = 1;
        }
        else { //now the neighbors list is not empty
            tail_->next_ = temp;
            temp->prev_ = tail_;
            tail_ = temp;
            nbSize_++;
        }
    }

    // kalo udah kenal sebelumnya.
    else { //it is a already known neighbor
        temp->ts_ = GPSR_CURRENT;
        temp->x_ = nx; //the updating of location is allowed
        temp->y_ = ny;

        /*START RISMA*/
        temp->myprevx = prevx;
        temp->myprevy = prevy;
        temp->avg_speed = avg_speed;
        /*END RISMA*/
    }
}

```

## A.8 Kode Fungsi Euclidian Distance getdis()

```

double
GPSRNeighbors::getdis(double ax, double ay, double bx, double
by){
    double tempx = ax - bx;
    double tempy = ay - by;

    tempx = tempx * tempx;
    tempy = tempy * tempy;

```

```

double result = sqrt(tempx + tempy);
return result;

}

```

## A.9 Kode Fungsi Greedy Forwarding gf\_nexthop()

```

nsaddr_t
GPSRNeighbors::gf_nexthop(double dx, double dy, nsaddr_t dst_id){
    struct gpsr_neighbor *temp = head_;
    //initializing the minimal distance as my distance to sink
    double mindis = getdis(my_x_, my_y_, dx, dy);
    nsaddr_t nexthop = -1; //the nexthop result

    /*START RISMA*/
    struct candidatexthop allowednode[100];
    int counterallowednode = 0;
    nsaddr_t temp_nexthop = -1; // id node acuan
    double tempX, tempY; // menyimpan lokasi node acuan

#ifdef DEBUG
    FILE *fp = fopen("debug4.log", "a+");

    while(temp){
        double tempdis = getdis(temp->x_, temp->y_, dx, dy);
        if(tempdis < mindis){
            mindis = tempdis;
            nexthop = temp->id_; //SET NEXTHOP

            temp_nexthop = temp->id_;
            tempX = temp->x_;
            tempY = temp->y_;
        }
        fprintf(fp, "temp id : %d, tempdis : %f \n", temp->id_,
tempdis);
        temp = temp->next_;
    }
    fprintf(fp, "nexthop : %d, tempnexthop : %d dst : %d \n",
nexthop, temp_nexthop, dst_id);

    if(temp_nexthop == dst_id){
        fprintf(fp, "Keputusan nexthop: %d\n", nexthop);
        fprintf(fp, "\n\n");
        fclose(fp);
        return nexthop;
    }
    else{
        // MENGHITUNG dSB dan dBD
        double dSB = getdis(my_x_, my_y_, tempX, tempY);
        double dBD = getdis(tempX, tempY, dx, dy);

        // MENGHITUNG dmax

```

```

double dmax = dBD + (0.3 * dSB);

// Pengecekan apakah suatu titik (x,y) ada di dalam
atau tepat pada garis lingkaran (a,b) dg jari2 r
// Persamaan : (x-a)2 + (y-b)2 <= r2

// Menghitung r2
double dmax2 = dmax * dmax;

temp = head_;
while(temp){
    double hasil = ((temp->x_-dx)*(temp->x_-dx)) +
((temp->y_-dy)*(temp->y_-dy));
    //titik ada dalam lingkaran
    fprintf(fp, "myid : %d, my speed : %f, tempid : %d
temp_speed : %f hasil : %f , rkuadrat : %f ", my_id_, avg_speed,
temp->id_, temp->avg_speed, hasil, dmax2);
    if(hasil <= dmax2){
        // Hitung dt1 dan dt2
        double dt1 = getdis(temp->myprevx, temp->myprevy,
dx, dy);

        double dt2 = getdis(temp->x_, temp->y_, dx, dy);
        double diffspeed = avg_speed - temp->avg_speed;

        if(diffspeed < 0){
            diffspeed = diffspeed * -1;
        }

        allowednode[counterallowednode].id_ = temp->id_;
        allowednode[counterallowednode].dt1 = dt1;
        allowednode[counterallowednode].dt2 = dt2;
        allowednode[counterallowednode].dif_speed =
diffspeed;

        counterallowednode++;
        fprintf(fp, " ---> allowednode");

    }
    fprintf(fp, "\n");
    temp = temp->next_;
}

bubbleSort(allowednode, counterallowednode);
int nodefound = 0;

for (int i = 0; i < counterallowednode; i++)
{
    /* code */
    fprintf(fp, "allowed node id : %d, dt1 : %f, dt2 :
%f, diffspeed : %f \n", allowednode[i].id_, allowednode[i].dt1,
allowednode[i].dt2, allowednode[i].dif_speed);
    if (allowednode[i].dt2 <= allowednode[i].dt1)
    {
        /* code */
        nexthop = allowednode[i].id_;
        nodefound = 1;
        break;
    }
}

```

```

    }

    if(nodefound == 0){
        nexthop = allowednode[0].id_;
    }
    fprintf(fp, "Keputusan nexthop: %d\n", nexthop);
    fprintf(fp, "\n\n");
    fclose(fp);
    return nexthop;
}

#endif
/*END RISMA*/

}

```

## A.10 Kode Program Pencarian Node Acuan

```

GPSRNeighbors::gf_nexthop(... ) {
.....

double mindis = getdis(my_x_, my_y_, dx, dy);
nsaddr_t nexthop = -1;
nsaddr_t temp_nexthop = -1; // id node acuan
double tempX, tempY; // menyimpan lokasi node acuan

while(temp){
    double tempdis = getdis(temp->x_, temp->y_, dx, dy);
    if(tempdis < mindis){
        mindis = tempdis;
        nexthop = temp->id_; //SET NEXTHOP
        temp_nexthop = temp->id_;
        tempX = temp->x_;
        tempY = temp->y_;
    }
    temp = temp->next_;
}

.....
}

```

## A.11 Kode Program Pencarian Node di Optimum Communication Area

```

GPSRNeighbors::gf_nexthop(... ) {
.....
.....

// MENGHITUNG dSB dan dBD
double dSB = getdis(my_x_, my_y_, tempX, tempY);

```

```

double dBD = getdis(tempX, tempY, dx, dy);

// MENGHITUNG dmax
double dmax = dBD + (0.3 * dSB);

// Menghitung r2
double dmax2 = dmax * dmax;

temp = head_;
while(temp){

// Pengecekan apakah suatu titik (x,y) ada di dalam atau tepat
pada garis lingkaran (a,b) dg jari2 r
// Persamaan : (x-a)2 + (y-b)2 <= r2

double hasil = ((temp->x_-dx)*(temp->x_-dx)) + ((temp->y_-
dy)*(temp->y_-dy));

//titik ada dalam lingkaran

if(hasil <= dmax2){
// Hitung dt1 dan dt2
double dt1 = getdis(temp->myprevx, temp->myprevy, dx, dy);
double dt2 = getdis(temp->x_, temp->y_, dx, dy);
double diffspeed = avg_speed - temp->avg_speed;

if(diffspeed < 0){
    diffspeed = diffspeed * -1;
}

allowednode[counterallowednode].id_ = temp->id_;
allowednode[counterallowednode].dt1 = dt1;
allowednode[counterallowednode].dt2 = dt2;
allowednode[counterallowednode].dif_speed = diffspeed;
counterallowednode++;

}
temp = temp->next_;
}
.....
}

```

## A.12 Kode Program Sorting

```

void
GPSRNeighbors::swap(struct candidatensexthop *xp, struct
candidatensexthop *yp)
{
    struct candidatensexthop temp = *xp;
    *xp = *yp;
    *yp = temp;
}

```

```

// A function to implement bubble sort
void
GPSRNeighbors::bubbleSort(struct candidatexthop arr[], int n)
{
    int i, j;
    for (i = 0; i < n-1; i++){
        // Last i elements are already in place
        for (j = 0; j < n-i-1; j++){
            if (arr[j].dif_speed > arr[j+1].dif_speed){
                swap(&arr[j], &arr[j+1]);
            }
        }
    }
}

```

### A.13 Kode Program Seleksi Berdasarkan Jarak Terhadap Node Tujuan

```

int nodefound = 0;

for (int i = 0; i < counterallowednode; i++){
    /* code */
    if (allowednode[i].dt2 <= allowednode[i].dt1){
        /* code */
        nexthop = allowednode[i].id_;
        nodefound = 1;
        break;
    }
}

if(nodefound == 0){
    nexthop = allowednode[0].id_;
}

```

## A.14 Kode Program File CBR skenario

```
# GPSR routing agent settings
for {set i 0} {$i < $opt(nn)} {incr i} {
    $ns_ at 0.00002 "$ragent_($i) turnon"
    $ns_ at 3.0 "$ragent_($i) neighborlist"
    $ns_ at 149.0 "$ragent_($i) turnoff"
    $ns_ at 80 "$ragent_($i) turnon"
}

# # Source will start sink
$ns_ at 0.00002 "$ragent_(68) startSink 10.0"
$ns_ at 0.00002 "$ragent_(69) startSink 10.0"

# Upper layer agents/applications behavior
# SRC node
set udp_(0) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(68) $udp_(0)

#DST Node
set null_(0) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(69) $null_(0)

set cbr_(0) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(0) set packetSize_ 32
$cbr_(0) set interval_ 1.0
$cbr_(0) set random_ 1
# $cbr_(0) set maxpkts_ 100
$cbr_(0) attach-agent $udp_(0)
$ns_ connect $udp_(0) $null_(0)
$ns_ at 10.0 "$cbr_(0) start"
$ns_ at 195.0 "$cbr_(0) stop"
```

## A.15 Kode Program File TCL Mobility

```
$node_(68) set X_ 174.73
$node_(68) set Y_ 101.1
$node_(68) set Z_ 0
$node_(68) color cyan
$node_(69) set X_ 603.05
$node_(69) set Y_ 607.3
$node_(69) set Z_ 0
$node_(69) color red
$ns_ at 0.0 "$node_(68) color cyan"
$ns_ at 0.0 "$node_(69) color red"
$ns_ at 0.0 "$node_(68) setdest 174.73 101.1 0"
$ns_ at 0.0 "$node_(69) setdest 603.05 607.3 0"
$node_(0) set X_ 628.4
$node_(0) set Y_ 195.44
$node_(0) set Z_ 0
$ns_ at 0.0 "$node_(0) setdest 628.4 195.44 12.74"
$ns_ at 1.0 "$node_(0) setdest 628.4 187.2 8.24"
$node_(1) set X_ 658.94
$node_(1) set Y_ 901.6
```

```

$node_(1) set Z_ 0
$ns_ at 1.0 "$node_(1) setdest 658.94 901.6 11.74"
$ns_ at 2.0 "$node_(0) setdest 624.99 181.91 6.82"
$ns_ at 2.0 "$node_(1) setdest 648.74 901.6 10.20"
$node_(2) set X_ 541.6
$node_(2) set Y_ 550.64
$node_(2) set Z_ 0
$ns_ at 2.0 "$node_(2) setdest 541.6 550.64 20.21"
$ns_ at 3.0 "$node_(0) setdest 618.13 181.6 6.88"
$ns_ at 3.0 "$node_(1) setdest 642.14 901.6 6.60"
$ns_ at 3.0 "$node_(2) setdest 541.6 570.24 19.60"
$node_(3) set X_ 944.35
$node_(3) set Y_ 628.4
$node_(3) set Z_ 0
$ns_ at 3.0 "$node_(3) setdest 944.35 628.4 16.36"
$ns_ at 4.0 "$node_(0) setdest 609.91 181.6 8.22"
$ns_ at 4.0 "$node_(1) setdest 639.08 901.6 3.06"
$ns_ at 4.0 "$node_(2) setdest 541.6 589.57 19.33"
$ns_ at 4.0 "$node_(3) setdest 959.41 628.4 15.05"

.....dst .....

```

## A.16 Kode Program File TCL Skenario

```

#
=====
=====
# modification by Rizky Fenaldo Maulana
# bsed on tcl example keliu
# for Gpsr Keliu
#
=====
=====

#
=====
=====
# Default Script Options
#
=====
=====
set opt(chan)           Channel/WirelessChannel;
set opt(prop)           Propagation/TwoRayGround;
set opt(netif)          Phy/WirelessPhy;
set opt(mac)            Mac/802_11;
set opt(ifq)            Queue/DropTail/PriQueue;    # for dsdv
set opt(ll)             LL;
set opt(ant)            Antenna/OmniAntenna;

set opt(x)              1000           ;#   X   dimension   of   the
topography, was 802
set opt(y)              1000           ;#   Y   dimension   of   the
topography, was 802

```



```

set opt(cp)                "./cbr.tcl"
set opt(sc)                "./map.mobility.tcl"

set opt(ifqlen)            512        ;# max packet in ifq, was 512
set opt(nn)                70         ;# number of nodes
set opt(seed)              0.0        ;# was 0.0
set opt(stop)              200        ;# simulation time
set opt(tr)                gpsr_tracefile.tr ;# trace file
set opt(nam)               gpsr_tracefile.nam;
set opt(rp)                gpsr;       # routing protocol script, was
gpsr
set opt(lm)                "off";      # log movement

set opt(ns_path)           "/home/ririspc/thesis/nsgpsrkeliu/ns-allinone-
2.35/ns-2.35";
#
=====
=====
# default variable
#
=====
=====

# LL set mindelay_          50us;
# LL set delay_             25us;
# LL set bandwidth_         0;

# Agent/Null set sport_     0;
# Agent/Null set dport_     0;

# Agent/CBR set sport_      0;
# Agent/CBR set dport_      0;

# Agent/TCPSink set sport_   0;
# Agent/TCPSink set dport_   0;

# Agent/TCP set sport_       0;
# Agent/TCP set dport_       0;
# Agent/TCP set packetSize_ 1460;

# Queue/DropTail/PriQueue set Prefer_Routing_Protocols 1

# unity gain, omni-directional antennas
# set up the antennas to be centered in the node and 1.5 meters
above it
# Antenna/OmniAntenna set X_ 0;
# Antenna/OmniAntenna set Y_ 0;
# Antenna/OmniAntenna set Z_ 1.5;
# Antenna/OmniAntenna set Gt_ 1.0;
# Antenna/OmniAntenna set Gr_ 1.0;

# Initialize the SharedMedia interface with parameters to make
# it work like the 914MHz Lucent WaveLAN DSSS radio interface
# Phy/WirelessPhy set CPTresh_ 10.0;
# Phy/WirelessPhy set CSTresh_ 1.559e-11;
# Phy/WirelessPhy set RXThresh_ 3.652e-10;
# Phy/WirelessPhy set Rb_ 2*1e6;

```

```
# Phy/WirelessPhy set freq_ 914e+6;
# Phy/WirelessPhy set L_ 1.0;

# The transimssion radio range
# Phy/WirelessPhy set Pt_ 6.9872e-4 ;# ?m
# Phy/WirelessPhy set Pt_ 8.5872e-4 ;# 40m
# Phy/WirelessPhy set Pt_ 1.33826e-3 ;# 50m
# Phy/WirelessPhy set Pt_ 7.214e-3 ;# 100m
Phy/WirelessPhy set Pt_ 0.2818 ;# 250m
# Phy/WirelessPhy set Pt_ 5.57189e-11 ;# 400m

# # 802.11p default parameters
Phy/WirelessPhy set RXThresh_ 5.57189e-11 ; #400m
Phy/WirelessPhy set CStresh_ 5.57189e-11 ; #400m


#
=====
=====
# Agent GPSR Setting
#
=====
=====

Agent/GPSR set planar_type_      1;          # 1=GG planarize, 0=RNG
planarize
Agent/GPSR set hello_period_     5.0;        # Hello message period,
was 5.0

#
=====
=====
# Default function
#
=====
=====

proc usage { argv0 } {
    puts "Usage: $argv0";
    puts "\tmandatory arguments:";
    puts "\t\t\t[-x MAXX\] \ [-y MAXY\]";
    puts "\toptional arguments:";
    puts "\t\t\t[-cp conn pattern\] \ [-sc scenario\] \ [-nn
nodes\]";
    puts "\t\t\t[-seed seed\] \ [-stop sec\] \ [-tr tracefile\]\n";
}

proc getopt {argc argv} {
    global opt;
    lappend optlist cp nn seed sc stop tr x y;

    for {set i 0} {$i < $argc} {incr i} {
        set arg [lindex $argv $i];
        if {[string range $arg 0 0] != "-"} continue;

        set name [string range $arg 1 end];
```

```

        set opt($name) [lindex $argv [expr $i+1]];
    }
}

proc log-movement {} {
    global logtimer ns_ ns;

    set ns $ns_;
    source ../tcl/mobility/timer.tcl;
    Class LogTimer -superclass Timer;
    LogTimer instproc timeout {} {
        global opt node_;
        for {set i 0} {$i < $opt(nn)} {incr i} {
            $node_($i) log-movement;
        }
        $self sched 0.1;
    }

    set logtimer [new LogTimer];
    $logtimer sched 0.1;
}

#
=====
# Main Programs
#
=====

# Source External TCL Scripts
source $opt(ns_path)/tcl/lib/ns-bsnode.tcl
source $opt(ns_path)/tcl/mobility/com.tcl

# do the get opt again incase the routing protocol file added some
more
# options to look for
getopt $argc $argv

if { $opt(x) == 0 || $opt(y) == 0 } {
    usage $argv0
    exit 1
}
if {$opt(seed) > 0} {
    puts "Seeding Random number generator with $opt(seed)\n"
    ns-random $opt(seed)
}

#
=====
# Global Variables
#
=====

```

```

set ns_          [new Simulator];
set chan         [new $opt(chan)];
set prop         [new $opt(prop)];
set topo         [new Topography];

# set trace output
set tracefd      [open $opt(tr) w];
$ns_ trace-all  $tracefd;

# set nam output
set namfile      [open $opt(nam) w];
$ns_ namtrace-all-wireless $namfile $opt(x) $opt(y);

# load map
$topo load_flatgrid $opt(x) $opt(y);
$prop topography $topo;

# create god
set god_ [create-god $opt(nn)];

#
=====
=====
# NODE CONFIGURATION:
# Create the specified number of nodes $opt(nn) and "attach" them
# the channel.
# Each routing protocol script is expected to have defined a proc
# create-mobile-node that builds a mobile node and inserts it into
# the
# array global $node_($i)
#
=====
=====
$ns_ node-config -adhocRouting $opt(rp) \
                -llType $opt(ll) \
                -macType $opt(mac) \
                -ifqType $opt(ifq) \
                -ifqLen $opt(ifqlen) \
                -antType $opt(ant) \
                -propType $opt(prop) \
                -phyType $opt(netif) \
                -channelType $opt(chan) \
                -topoInstance $topo \
                -agentTrace ON \
                -routerTrace ON \
                -macTrace ON \
                -movementTrace ON

source ./gpsr.tcl;

for {set i 0} {$i < $opt(nn) } {incr i} {
    gpsr-create-mobile-node $i;
    $node_($i) namattach $namfile
    # $ns_ initial_node_pos $node_($i) 20
}

```

```

#
=====
# Source the Connection and Movement scripts
#
=====

if { $opt(cp) == "" } {
    puts "*** NOTE: no connection pattern specified.";
    set opt(cp) "none";
} else {
    puts "Loading connection pattern...";
    source $opt(cp);
}

#
=====
# Define node initial position in nam
#
=====

for {set i 0} {$i < $opt(nn)} {incr i} {
    # 20 defines the node size in nam, must adjust it according
    to your scenario
    # The function must be called after mobility model is defined
    $ns_ initial_node_pos $node_($i) 30
}

#
=====
# Tell all the nodes when the simulation ends
#
=====

for {set i 0} {$i < $opt(nn) } {incr i} {
    $ns_ at $opt(stop).000000001 "$node_($i) reset";
}
$ns_ at $opt(stop).000000001 "puts \"NS EXITING...\" ; $ns_ halt";

if { $opt(sc) == "" } {
    puts "*** NOTE: no scenario file specified.";
    set opt(sc) "none";
} else {
    puts "Loading scenario file...";
    source $opt(sc);
    puts "Load complete...";
}

```

```

#
=====
# start simulation
#
=====

puts $tracefd "M 0.0 nn $opt(nn) x $opt(x) y $opt(y) rp $opt(rp)";
puts $tracefd "M 0.0 sc $opt(sc) cp $opt(cp) seed $opt(seed)";
puts $tracefd "M 0.0 prop $opt(prop) ant $opt(ant)";

puts "Starting Simulation...";

proc finish {} {
    global ns_ tracefd namfile
    $ns_ flush-trace
    close $tracefd
    close $namfile
    exit 0
}

$ns_ at $opt(stop) "finish";
# $ns_ at $opt(stop).0002 "puts \"NS EXITING...\" ; $ns_ halt"

$ns_ run;

```

## A.17 Kode Program Evaluasi Packet Delivery Ratio

```

# AWK Script for Packet Delivery Calculation for OLD Trace Format

BEGIN {
    sent=0;
    received=0;
}

{
    # count packet send
    if($1=="s" && $4=="AGT" && $7=="cbr")
    {
        sent++;
    }

    else if($1=="r" && $4=="AGT" && $7=="cbr")
    {
        received++;
    }
}

END {
    printf "%.2f\n", (received/sent)*100;
}

```

### A.18 Kode Program Evaluasi End-to-end Delay

```
BEGIN {
    seqno = -1;
    # droppedPackets = 0;
    # receivedPackets = 0;
    count = 0;
}
{
    if($4 == "AGT" && $1 == "s" && seqno < $6) {
        seqno = $6;
    }
    if($4 == "AGT" && $1 == "s") {
        start_time[$6] = $2;
    } else if(($7 == "cbr" && ($1 == "r"))) {
        end_time[$6] = $2;
    } else if($1 == "D" && $7 == "cbr") {
        end_time[$6] = -1;
    }
}
END {
    for(i=0; i<=seqno; i++) {
        if(end_time[i] > 0) {
            delay[i] = end_time[i] - start_time[i];
            count++;
        }
        else
        {
            delay[i] = -1;
        }
    }
    for(i=0; i<=seqno; i++) {
        if(delay[i] > 0) {
            n_to_n_delay = n_to_n_delay + delay[i];
        }
    }
    n_to_n_delay = n_to_n_delay/count;
    print n_to_n_delay * 1000 ;
}
```

### A.19 Kode Program Evaluasi Routing Overhead

```
BEGIN{
    recvs = 0;
    routing_packets = 0;
}

{
    if(($1 == "r" && ($7 == "cbr")))
        recvs++;
}
```

```

        if(($1 == "s" || $1 == "r") && ($4 == "RTR") && ($7 ==
"gpsr"))
            routing_packets++;
    }
END{
    printf("\nrouting packets: %d", routing_packets);
    printf("\ndata = %d", recvs);
    printf("\noverhead : %.3f\n", routing_packets/recvs);
}

```

## A.20 Kode Program Evaluasi Lifetime Route

```

# AWK Script for Packet Delivery Calculation for OLD Trace Format

BEGIN {

}

{

    if(ROUTE[$2]=="") ROUTE[$2]=$6;
    ROUTE[$2] = ROUTE[$2] ">" $10;
}
END {
    PROCINFO["sorted_in"] = "@val_str_desc";
    for(key in ROUTE){
        # printf "%s %s\n",key,ROUTE[key];
        # printf "%s %s\n",key,ROUTE[key];
        if(USE_ROUTE[ROUTE[key]]=="") USE_ROUTE[ROUTE[key]]=0;
        USE_ROUTE[ROUTE[key]]++;
    }
    NODE=NODE-1
    for(key in USE_ROUTE){
        n=split(key,DEST,">")
        if(DEST[n]!=NODE) continue;
        #printf "%s %s\n",key,USE_ROUTE[key];
        #printf "%s\n",key;
        printf "%s\n",USE_ROUTE[key];
    }
}

```



## BIODATA PENULIS



Kharisma Monika Dian Pertiwi lahir di Kota Madiun pada 06 Agustus 1995. Penulis menempuh pendidikan formal dimulai dari TK Dharma Wanita (2001-2002), SDN 02 Manisrejo Kota Madiun (2002-2008), SMPN 4 Madiun (2008-2011), SMAN 2 Madiun (2011-2014) dan S1 Teknik Informatika ITS (2014-2018). Bidang studi yang diambil oleh penulis pada saat berkuliah di Teknik Informatika ITS adalah Arsitektur Jaringan dan Komputer (AJK).

Penulis aktif dalam organisasi seperti Himpunan Mahasiswa Teknik Computer-Informatika (2015-2016) dan Keluarga Muslim Informatika (2015-2016). Penulis juga aktif dalam kegiatan kepanitiaan seperti SCHEMATICS 2015 dan SCHEMATICS 20165 divisi NLC. Penulis pernah kerja praktik di Trust Solution Surabaya periode Juli – Agustus 2017. Selama berkuliah, penulis juga menjadi administrator Laboratorium Komputasi Berbasis Jaringan. Penulis dapat dihubungi melalui email: [kharismamonika@gmail.com](mailto:kharismamonika@gmail.com).